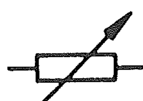
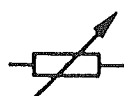
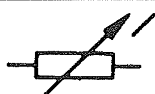
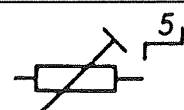
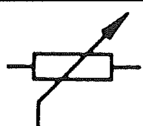
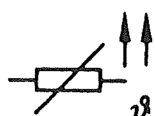
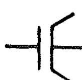
6/8

Elektronische symbolen en hun betekenis

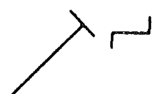
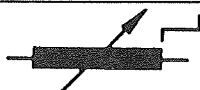
Inleiding

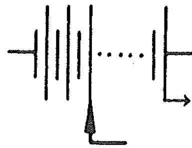
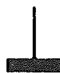
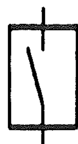
Op de volgende pagina's treft u meer dan 270 elektronische symbolen aan met hun betekenis. Omdat elektronische schakelingen steeds vaker worden toegepast in sterkstroom-installaties zijn ook een groot aantal symbolen opgenomen, die worden gebruikt in installatie-schema's en sterkstroom-bedradingsschetsen.
De vorm van de getekende symbolen voldoet aan de normen die in 1983 door het duitse DIN-instituut zijn voorgesteld.
Bijzondere aandacht verdienen de symbolen van digitale schakelingen. Deze voldoen namelijk aan de nieuwe normen, die nu langzaam maar zeker ingeburgerd raken en die binnen enige jaren zonder enige twijfel de oude "amerikaanse" symbolen vervangen zullen hebben. Deze nieuwe zogenoemde IEC-normen lijken op het eerste zicht zeer verwarrend, maar een bestudering van hun betekenis maakt al snel duidelijk dat deze symbolen een eenduidige functiebeschrijving van zelfs de meest ingewikkelde logische schakeling mogelijk maakt.

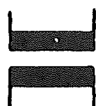
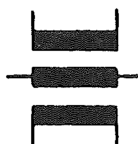
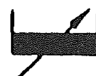
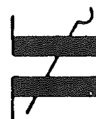
	algemeen symbool voor weestand
	alternatieve voorstelling van algemene weerstand
	weerstand met schuifcontact
R	zuiver ohmse weerstand
Z	inductieve weerstand (impedantie)
	weerstand met stroom- en spanningsaansluitingen, bijvoorbeeld shunt-weerstand

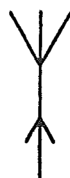
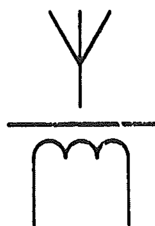
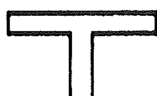
	veranderlijke weerstand met lineaire karakteristiek
	veranderlijke weerstand met niet lineaire karakteristiek
	continu veranderlijke weerstand, lineair
	instelbare weerstand
	stapsgewijs instelbare weerstand, vijf stappen
	potentiometer
	temperatuur-afhankelijke weerstand met positieve temperatuurscoëfficiënt
	spanning-afhankelijke weerstand met negatieve coëfficiënt
	algemeen symbool voor condensator of capaciteit
	condensator met aftakking
	condensator waarbij is aangegeven welke pool constructief op het oppervlak van het onderdeel ligt
	gepoolde condensator

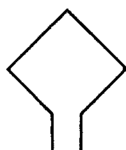
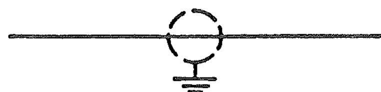
	gepoolde elektrolytische condensator
	ongepoolde elektrolystische condensator
	doorvoer-condensator, coaxiaal
	condensator met instelbare capaciteit, trimmer
	condensator met veranderlijke capactieit, waarbij is aangegeven welke plaat draaibaar is (vette punt)
	differentiaal-condensator
	algemeen symbool voor een grootheid die continu veranderlijk is door mechanische actie
	algemeen symbool voor een grootheid die door mechanische actie volgens een lineair verband continu veranderlijk is
	algemeen symbool voor een grootheid die door een mechanische actie volgens een niet-lineair verband continu veranderlijk is
	algemeen symbool voor een grootheid die stapsgewijs veranderlijk is door een mechanische actie
	algemeen symbool voor een grootheid die instelbaar is door een mechanische actie

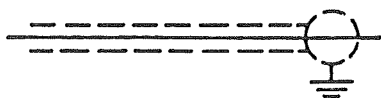
	algemeen symbool voor een grootheid die continu instelbaar is volgens een lineair verband
	algemeen symbool voor een grootheid die stapsgewijs instelbaar is
	algemeen symbool voor een grootheid die lineair veranderlijk is als gevolg van een op de grootheid inwerkend fysisch verschijnsel
	algemeen symbool voor een grootheid die niet-lineair veranderlijk is als gevolg van een op de grootheid inwerkend fysisch verschijnsel
	algemeen symboool voor wikkeling of inductiviteit
	alternatief symbool voor wikkeling of inductiviteit
	alternatief symboool voor wikkeling of inductiviteit
	wikkeling met aftakkingen
	wikkeling voorzien van een kern, meestal uit een stof met magnetische karakteristieken
	wikkeling met kern, voorzien van een luchtspleet
	afgeschermde wikkeling
	stapsgewijs veranderlijke inductie
	element, cel, batterij, accumulator

	batterij of accumulator met instelbare spanningsaftakking
	algemeen symbool voor aarde
	aansluitpunt voor aardingsdraad
	algemeen symbool voor massa of nulpotentiaal in een van het net gescheiden systeem
	permanente magneet
	algemeen symbool voor zekering
	zekering met aanduiding van de aansluiting die met het net verbonden is
	overspannings-afleider, spanningszekering
	schakelaar in een belastingskring
	belastings-scheidings-schakelaar
	schakelaar voor vermogen

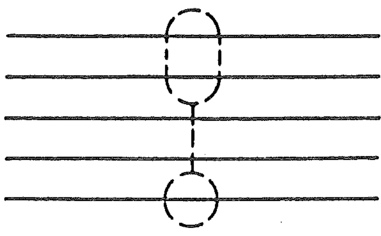
	afscheiding voor het identificeren van een aantal onderdelen die gezamenlijk een specifieke functie hebben
	afscherming rond een of meerdere onderdelen
	verbindingslijn tussen twee of meerdere gezamenlijk te bedienen schakelaarsegmenten
 	smoorspoel
	transformator met twee galvanisch gescheiden wikkelingen
	transformator met drie galvanisch gescheiden wikkelingen
	spaartransformator
	smoorspoel, continu veranderlijk
	transformator met trapsgewijs instelbare koppelingsverhouding tussen beide wikkelingen

	algemene voorstelling van antenne
	zendantenne
	ontvangstantenne
	ferrietantenne
	dipoolantenne
	gesloten dipoolantenne
	reflector- of director-staaf achter of voor dipool aangebracht
	spiraalantenne

	raamantenne
	algemene voorstelling van een elektrische geleidende verbinding of leiding
	verplaatsbare verbinding of leiding
	leiding die ingepland is voor toekomstige uitbreiding van een installatie
	**leiding met indicatie van het doel waarvoor zij wordt gebruikt:**
	aardingsleiding, nulleider, afscherming
	systeemvreemde leiding (loopt door het systeem zonder op het systeem aangesloten te zijn)
	spreek- of telefoonleiding
	getwiste leiding, tweederig
	coaxiale leiding
	afgeschermde leidingen:
	aanbevolen tekenwijze voor lange lijnen op een tekening, een- of meerder-aderig, niet geaard
	idem geaard, aardingspunt onbelangrijk
	aanbevolen tekenwijze voor korte lijnen op een tekening, eenaderig en niet geaard
	idem geaard, willekeurig aardingspunt



idem met vastgelegd aardingspunt



gemeenschappelijke afscherming van afzonderlijke getekende leidingen



afschermde coaxiale leiding



leiding met aanduiding van het aantal aders, in dit geval drie

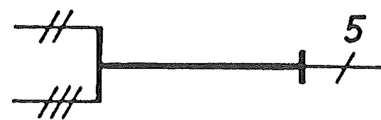


leiding met aanduiding van het aantal kringen, in dit voorbeeld 2

samenvatting van vereenvoudigde overzichtelijke voorstelling van leidingen in bedradings-schema's:

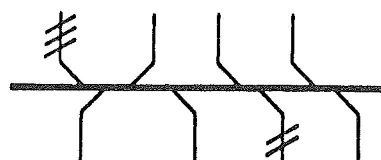


samengebundelde leiding uit een aantal enkeladerige draden samengesteld, waarbij de aansluitvolgorde aan beide zijden van de leiding niet identiek moet zijn (bovenste draad links hoeft niet overeen te komen met bovenste draad rechts) en waarbij men dus de aders moet nummeren

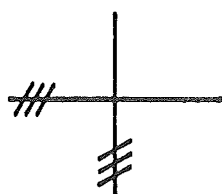




idem, maar nu komt de volgorde van de draden aan beide zijde van de leiding overeen, dus bovenste draad links is ook bovenste draad rechts, zodat het niet noodzakelijk is de draden te nummeren

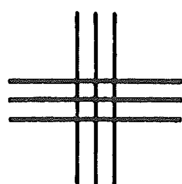


kabelboom, waarbij wordt aangegeven op welke plaatsen leidingen de boom verlaten, hoeveel aders worden uitgevoerd en in welke richting de aders door de boom lopen

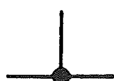


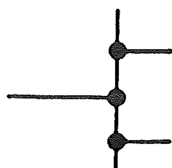
kruising van leidingen zonder verbinding:

als leiding met x aders getekend

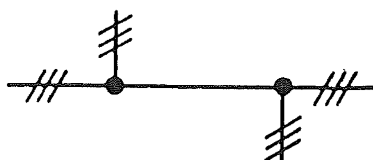


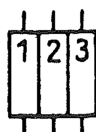
afzonderlijk getekend





elektrisch geleidende verbindingen tussen aders en/of samengestelde leidingen

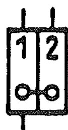




aansluitdoos met in serie opgenomen klemmen



idem, met vaste verbindingen tussen naast elkaar gelegen klemmen

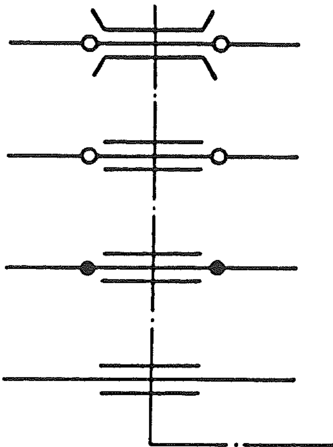


idem, maar met desgewenst te verbreken verbindingen tussen naast elkaar gelegen klemmen



gescheiden klemmendoos

voorstellingen voor het door kastenwanden of muren voeren van leidingen:



doorgaande leiding

speciaal niet te verbreken verbindingsstuk door de muur

speciaal wel te verbreken verbindingsstuk door de muur

condensator-doorvoering



enkelpolige schakelaar, normaal open



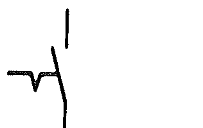
enkelpolige schakelaar, normaal gesloten



omschakelaar zonder middenstand



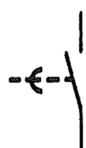
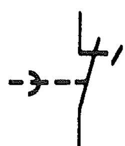
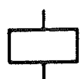
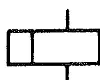
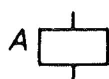
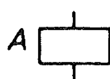
omschakelaar met middenstand



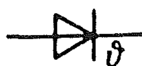
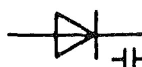
relais-contact, normaal open



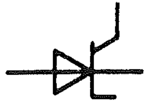
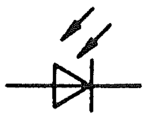
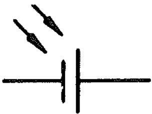
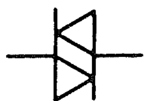
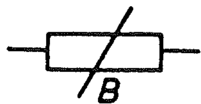
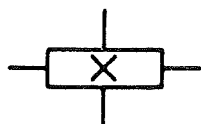
relais-contact, normaal gesloten

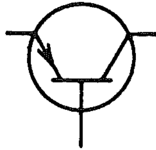
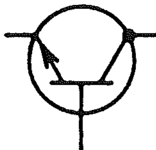
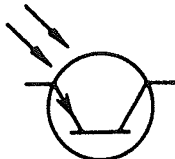
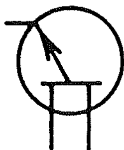
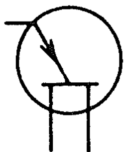
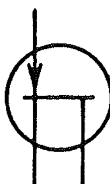
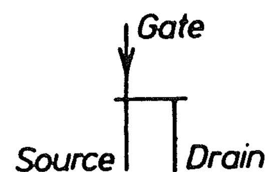
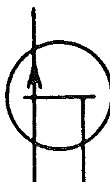
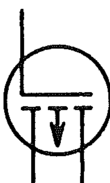
	relais-contact, normaal gesloten met vertraagde opening
	relais-contact, normaal open met vertraagde sluiting
	relais-contact, normaal gesloten met vertraagde hersluiting
	relais-contact, normaal open met vertraagde heropening
	scheidings-schakelaar
	scheidings-plaats
	stroomafnemer, schuif-contact
	algemene voorstelling van elektromagnetisch gestuurde mechanische actie, bijvoorbeeld bij relais of onderbrekers
	idem, maar nu met de een of andere bijzondere eigenschap
 	elektromagnetische bekrachtiging met twee in dezelfde richting werkzame spoelen

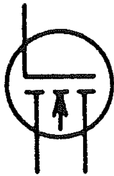
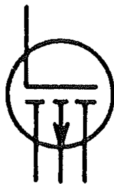
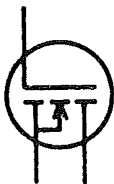
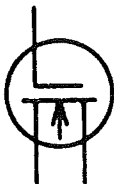
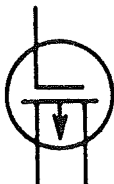
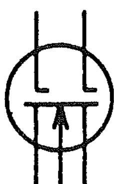
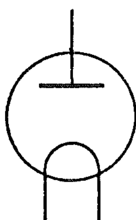
	normale voorstelling van relais-spoel met één wikkeling
	elektromagnetische bekrachting met twee elkaar tegenwerkende wikkelingen
	idem, alternatieve voorstelling
500	relais-wikkeling met indicatie van de gelijkstroomweerstand in ohm
	elektromagnetische bekrachting met aantrekvertraging
	elektromagnetische bekrachtiging met afvalvertraging
	gepoold relais met permanente magneet
	elektromagnetische bekrachtiging van automatische zekering
	remanent relais
~	wisselstroom relais
	thermische relais
	enkelpolige steker
	enkelpolige stekerbus

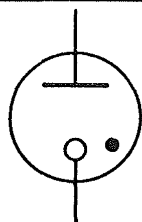
	verbinding samengesteld uit steker en stekerbus
	idem, alternatieve voorstelling
	stekerverbinding voor een aardings- of afschermings-draad
	idem, alternatieve voorstelling
	steek- of drukverbinding met twee identieke stekers
	algemene voorstelling van klink-bus (meervoudige stekerbus)
	contactveer in klink-bus
	algemene voorstelling van een halfgeleider-diode
	temperatuurs-afhankelijke diode, temperatuur-sensor
	capaciteits-diode
	tunnel-diode
	zener-diode

	spanningsbegrenzer
	algemeen symbool van thyristor-diode
	in tegenrichting sperrende thyristor-diode
	in tegenrichting geleidende thyristor-diode
	tweerichtings thyristor-diode
	aan de anode-kant bestuurbare in tegenrichting sperrende thyristor-diode
	aan de katode-kant bestuurbare in tegenrichting sperrende thyristor-diode (de gewone thyristor, dus)
	aan de anode-kant bestuurbare afschakelbare thyristor-triode
	aan de katode-kant bestuurbare afschakelbare thyristor-triode
	in tegenrichting sperrende thyristor-triode
	tweerichtings-thyristor (TRIAC)
	aan de anode-kant bestuurbare in tegenrichting geleidende thyristor-triode

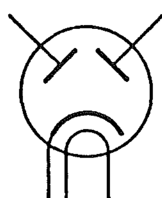
	aan de katode-kant bestuurbare in tegenrichting geleidende thyristor-triode
	algemeen symbool voor foto-elektrisch onderdeel
	fotogevoelige diode, meestal in sper aangesloten en met lektroom proportioneel tot opvallende licht-intensiteit
	lichtuitzendende diode
	fotocel
	unitunnel-diode
	varistor
	inductie-afhankelijke weerstand (veldplaat)
	hall-generator
	lichtafhankelijke weerstand
	peltier-element

	PNP transistor
	NPN transistor, kollector verbonden met huisje
	PNP foto-transistor
	unijunction transistor, P type
	unijunction transistor, N type
	sperlaag FET, N kanaal 
	sperlaag FET, P kanaal
	verrijkings FET, P kanaal op N substraat

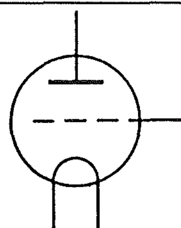
	verrijkings FET, N kanaal op P substraat
	verrijkings FET, P kanaal met substraat-aansluiting
	verrijkings FET, N kanaal met intern met de source verbonden substraat
	verarmings FET, N kanaal
	verarmings FET, P kanaal
	IG-FET met twee gate's, N kanaal met substraat-aansluiting
	diode-buis met direct verhitte katode



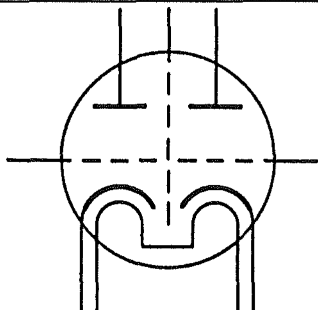
gasontladings-buis



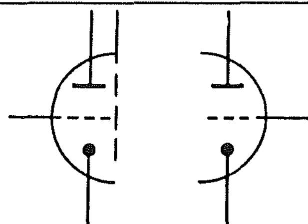
dubbele diode-buis met indirect verhitte katode



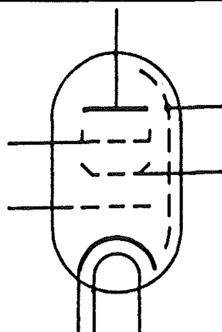
triode-buis met direct verhitte katode



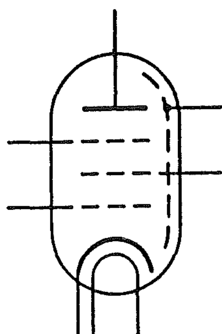
dubbele-triode-buis met gescheiden katode's en afscherming tussen beide buis-helften



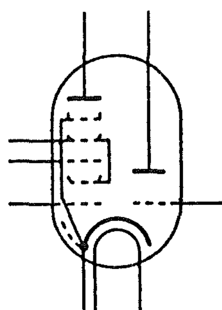
dubbele-triode-buis, waarbij beide helften in uit elkaar getekende schema-delen worden ingezet



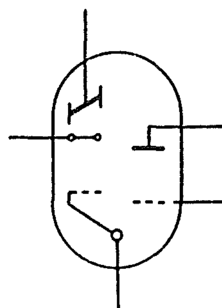
pentode-buis, algemeen



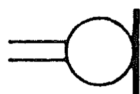
pentode-buis met vereenvoudigde voorstelling van de roosters



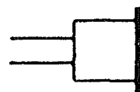
triode-heptode-buis



afstemindicator buis

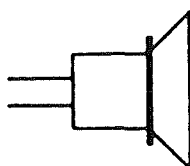


algemene voorstelling microfoon

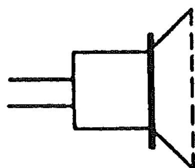


algemene voorstelling hoofdtelefoon

luidsprekers:



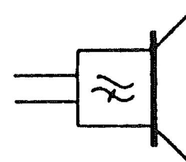
algemene voorstelling

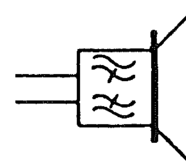


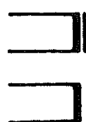
met spreidingsrooster

bestemd voor hoge frequenties 

bestemd voor lage frequenties 

voorbeeld 

dubbelconus luidspreker voor hoge en lage frequenties 



voorstelling van het werkings-principe:
elektromagnetisch
elektrodynamisch



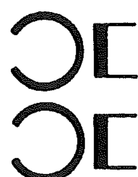
algemeen symbool voor magneetkop



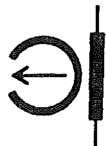
alternatieve voorstelling magneetkop



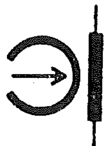
magnetisch gekoppeld twee-kop systeem



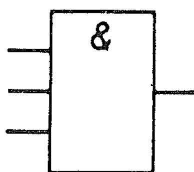
niet gekoppeld twee-kop systeem



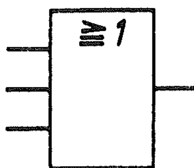
opnamekop



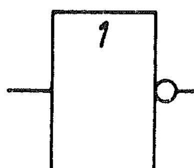
weergavekop



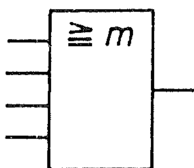
AND-poort
de variabele op de uitgang neemt de waarde "1" aan als alle ingangs-variabelen "1" zijn



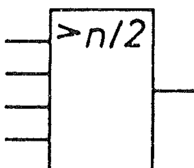
OR-poort
de variabele aan de uitgang neemt de waarde "1" aan als minstens een van de ingangs-variabelen "1" is, het ⩾-teken kan door een 1 vervangen worden indien men er zeker van is dat daardoor geen misverstanden kunnen ontstaan



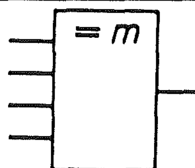
NOT-poort
de variabele aan de uitgang neemt de binair tegengestelde waarde van de ingangs-variabele aan



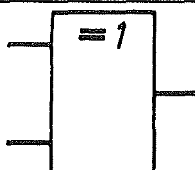
LOGIC THRESHOLD poort
de variabele aan de uitgang neemt de waarde "1" aan, als minstens m variabelen op de ingangen "1" zijn, natuurlijk moet m kleiner zijn dan het aantal ingangen



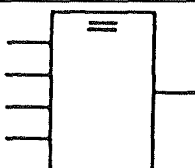
MAJORITY-poort
de variabele aan de uitgang wordt "1" als minstens de helft van het aantal ingangen + 1 "1" is



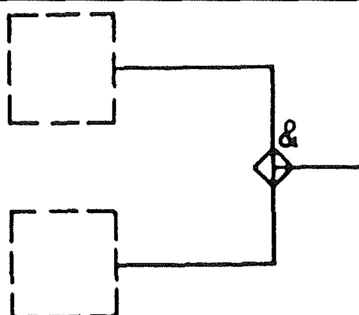
ONLY M-poort
de uitgangs-variabele wordt "1" als precies m van de in totaal n ingangen "1" zijn



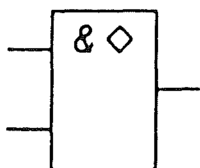
EXOR-poort
de uitgangs-variabele wordt "1" als slechts één ingangs-variabele "1" is

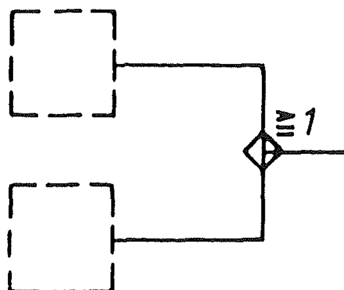


IDENTITY-poort
de uitgangs-variabele wordt "1" als of alle ingangs-variabelen "1" zijn, of alle ingangs-variabelen "0" zijn

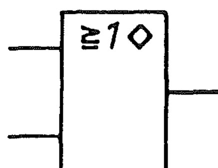


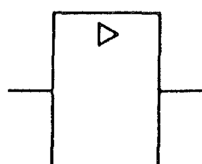
WIRED-AND koppeling tussen verschillende poorten
de twee symbolen kunnen worden gebruikt



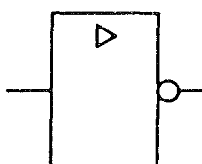


WIRED-OR koppeling tussen verschillende poorten
de twee symbolen zijn geldig

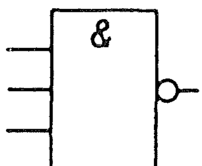




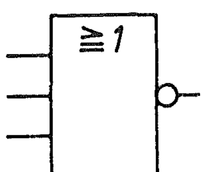
niet inverterende buffer-poort
de uitgangs-variabele heeft dezelfde binaire waarde als de variabele op de ingang



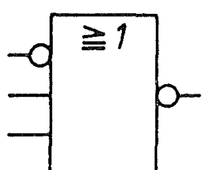
inverterende buffer-poort
de uitgangs-variabele heeft de geïnverteerde binaire waarde van de ingangs-variabele



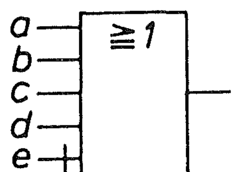
NAND-poort (AND met negatie-uitgang)
de variabele op de uitgang is "0" als alle ingangs-variabelen "1" zijn



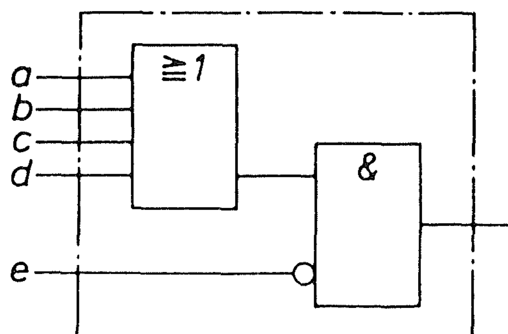
NOR-poort (OR met negatie-uitgang)
de variabele op de uitgang wordt "0" als minstens een van de variabelen op de ingangen "1" is

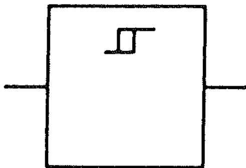


NOR-poort met een negatie-ingang
de variabele op de uitgang wordt "0" als op de negatie-ingang een "0" staat en/of een van de overige ingangen op "1" staat



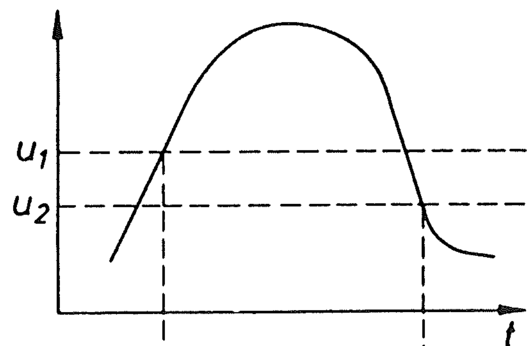
OR-poort met inhibit-ingang
het symbool is een vereenvoudige voorstelling van:



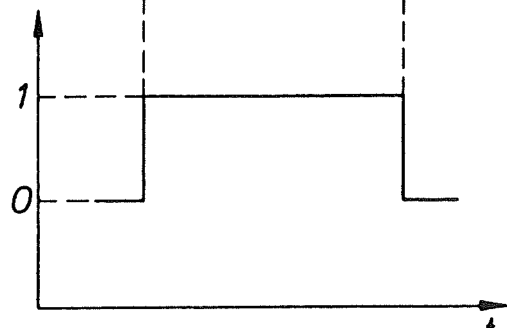


Schmitt-trigger

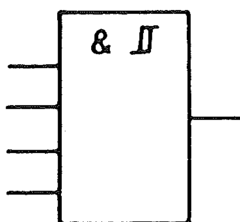
de variabele aan de uitgang wordt "1" als de analoge variabele op de ingang een bepaalde drempel u_1 in stijgende richting overschrijdt. De uitgang gaat weer naar "0" als de spanning op de ingang nadien kleiner wordt dan een bepaalde tweede drempel u_2. Het spanningsverschil $u_1 - u_2$ noemt men de hysteresisch van de schakeling



ingang

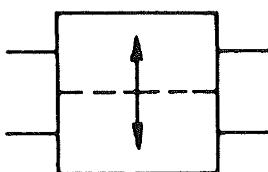


uitgang



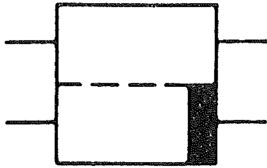
Schmitt-trigger met vier ingangen

de vier ingangsvariabelen worden eerst door middel van een AND gekoppeld, de resultante wordt aan een Schmitt-trigger aangeboden

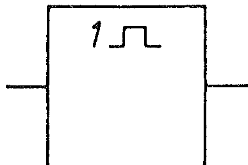


bistabiele schakeling met houd-geheugen

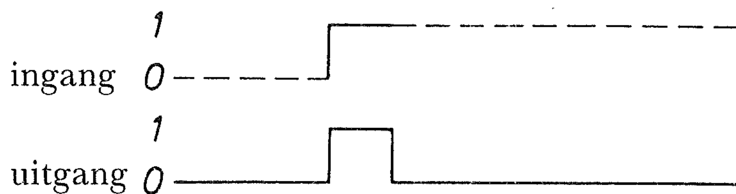
de twee uitgangsvariabelen van de schakeling nemen bij het met de voeding verbinden van de schakeling dezelfde waarde aan als zij hadden op het moment dat de spanning voordien werd uitgeschakeld



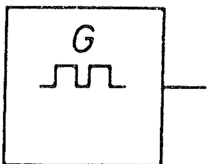
bistabiele schakeling met gedefinieerde startvoorwaarde
de met behulp van een zwart blokje gekarakteriseerde uitgang zal bij het inschakelen van de voeding steeds het logische niveau "1" aannemen



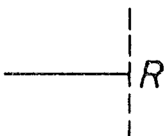
monostabiele multivibrator
de variabele op de uitgang gaat naar "1" op het moment dat de variabele op de ingang "1" wordt. De uitgang blijft gedurende een welbepaalde tijd "1", onafhankelijk van de lengte van de "1"-puls op de ingang. De lengte van de uitgangs-puls wordt bepaald door de RC-tijd τ van de schakeling. Het in het blokje ingetekende ⎍-symbool zegt echter niets over de polariteit van de uitgangspuls!



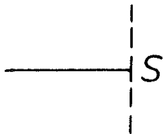
speciale eigenschappen van de schakeling kunnen in of rond het vierkantje worden aangegeven



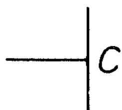
astabiele multivibrator
de uitgang schakelt periodiek heen en weer tussen "1" en "0" met een door een RC-tijd τ bepaalde frequentie. Het symbool kan worden aangevuld met stuur-ingangen.



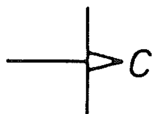
R-ingang
als de variabele op de ingang R "1" wordt zal de bij deze ingang horende uitgang ook "1" worden. Het naar "0" gaan van de spanning op de R-ingang heeft geen invloed op de schakeling. Deze ingang wordt meestal met RESET aangeduid.



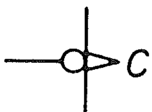
S-ingang
als de variabele op de S-ingang "1" wordt zal ook de spanning op de bij deze ingang horende uitgang "1" worden. Het terug naar "0" gaan van de S-ingang heeft geen invloed op de schakeling. Deze ingang wordt meestal SET genoemd.



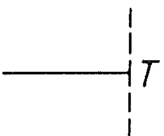
C-ingang
Deze ingang wordt meestal de CLOCK genoemd en kan de werking van een schakeling op diverse manieren besturen:
clock-ingang met niveau-besturing, als C "1" is zullen de ingangen die van C afhankelijk zijn actief worden;



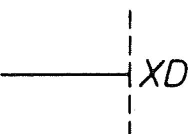
clock-ingang met flank-besturing, de van C afhanelijk ingangen worden actief bij een ⌐-flank op de C-ingang:



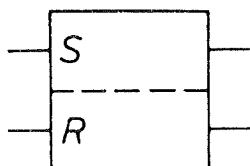
clock-ingang met flank-besturing, de van C afhanelijke ingangen worden actief bij een ⌐-flank op de C-ingang.



T-ingang
iedere "1" op de T-ingang veroorzaakt een toestands-wisseling van de schakeling, de terugkeer naar "0" heeft geen effect.



D-ingang
een D-ingang is afhankelijk van de toestand op een andere ingang (C), de waarde van de D-variabele wordt overgenomen door de Q-uitgang van de schakeling als de tweede ingang (C) geactiveerd wordt.



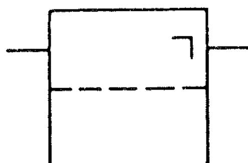
RS-flip-flop

als de twee ingangen beide "0" zijn of ten opzichte van elkaar geïnverteerd zijn nemen de twee uitgang complementaire waarden aan. Het naar "0" gaan van de ingangen heeft geen invloed op de schakeling. Als beide ingangen "1" zijn zullen ook beide uitgangen "1" zijn, bij het gelijktijdig naar "0" gaan van beide ingangen is dan echter niet te voorspellen hoe de uitgangen zich zullen gedragen.

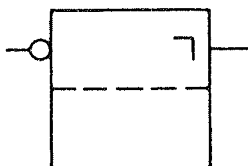


Vertraagde uitgang

de toestands-wisseling van de schakeling wordt op de met ⅂ gedefinieerde uitgang eerst merkbaar nadat de ingangs-variabele naar de oorspronkelijke waarde terug keert. Het ⅂-symbool geeft geen informatie over de richting van de niveau-wisseling op in- en uitgang!



de uitgang gaat naar "1" nadat de ingang van "1" naar "0" is gegaan;



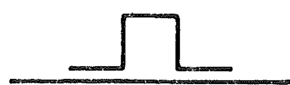
de ingang gaat naar "1" nadat de ingang van "0" naar "1" gaat.

wordt er bij een uitgang alleen het ⅂-symbool opgenomen dan wil dit zeggen dat het vertraagde effect alleen door het signaal op de C-ingang wordt veroorzaakt. Treedt de vertraagde actie op door een andere ingang, dan neemt men naast het vertragings-symbool ook de code van de betreffende ingang op, samen met het C-symbool. Voorbeeld CS⅂.

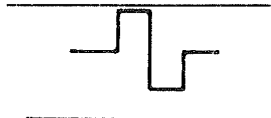
symbool	benaming	opmerkingen
A_1' A_2' E_1 E_2 E_1' E_2' A_1 A_2	digitale geheugen-cel in hybride-techniek, bijvoorbeeld samengesteld uit magneetkern en transistor: signaal van E_1 naar E'_1 werkt schrijvend signaal van E_2 naar E'_2 werkt lezend	halve cirkel bij een ingang betekent schrijven; driehoek bij ingang betekent lezen. op een uitgang, voorzien van een halve cirkel (A_2), ontstaat bij schrijven een uitgangssignaal; op een uitgang, voorzien van een driehoek (A_1), ontstaat bij lezen een uitgang.
A' E_1 0,5 E_2 0,5 E_3 E_1' E_2' E_3' A	digitale geheugen-cel met twee coïncidentie schrijf-ingangen, een ingang om te lezen en een uitgang:	de signalen op de E_1 en E_2 ingangen worden bij het schrijven opgeteld, het proces start als de som gelijk is aan de drempelwaarde 1; niet van de deelgetallen voorziene ingangen reageren rechtstreeks op de drempelwaarde 1.
A' E_1 E_2 E_1' E_2' A	digitale geheugen-cel met voorgemagnetiseerde ingangs-schakeling:	de voormagnetsiering van E_2–E'_2 heeft tot gevolg dat een door E_1–E'_1 gegeven signaal niet wordt opgeslagen, maar dat er na het wegvallen van het signaal onmiddellijk een uitgang op A' verschijnt.

symbool	benaming	opmerkingen
A' E_1 E_2 E_3 E_4 E_5 y 0,5 0,5 E'_1 E'_2 E'_3 E'_4 E'_5 y A	digitale geheugen-cel met OR-poort E_1 naar E'_1 en E_2 naar E'_2, met AND-poort E_3 naar E'_3 en E_4 naar E'_4 en OR-poort E'_2 naar E_2 en E'_5 naar E_5.	Op E_2 kunnen signalen zowel schrijvend als lezen werken: De ⊃ - en >-symbolen kunnen in beide signaalrichtingen worden gebruikt, zie bijvoorbeeld E_5; de met Y gedefinieerde leiding heeft geen invloed op de coïncidentie van de overige ingangen.
A' E_1 E_2 E_3 E_4 E'_1 E'_2 E'_3 E'_4 A	digitale geheugen-cel met transfluctor (magneetkern met meerdere gaten): signaal van E_1 naar E'_1 werkt schrijvend; signaal van E_2 naar E'_2 werkt lezend op de met E_1 ingeschreven informatie; alleen na het schrijven met E_1 werkt een signaal van E_3 naar E'_3 schrijvend; signaal van E_4 naar E'_4 werkt alleen op de via E_3 ingeschreven informatie	de via E_1 ingeschreven informatie kan alleen zonder data-verlies worden gelezen door de signaalvolgorde E_3 naar E'_3 en dan E_4 naar E'_4. De via E_1 ingeschreven informatie kan door een signaal op E_2 gewist worden, zonder dat er een uitgang ontstaat. De logische samenhang tussen alle in- en uitgangen kan desgewenst worden toegelicht in een functietabel.

	algemene voorstelling van gelijkspanning of -stroom
	algemene voorstelling van wisselspanning of -stroom
	wisselspanningssignaal in het audio-bereik
	hoogfrequentie wisselspanning
	universeel symbool waarmee wordt aangegeven dat een apparaat zowel gelijkspanning als wisselspanning kan verwerken
	wisselspanning, gesuperponeerd op een gelijkspanning, bijvoorbeeld een gelijkgerichte, maar niet afgevlakte wisselspanning
1 ~ 16 2/3 Hz	enkel-faze wisselspanning met een frequentie van 16⅔ Hz
2 ~	tweefaze wisselspanning
3/N ~ 50 Hz	driefaze wisselspanning (kracht-stroom) met een nul-ader en een frequentie van 50 Hz



positieve impuls



wissel-impuls



negatieve impuls



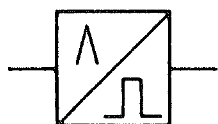
burst-impuls



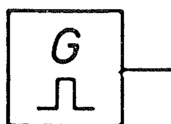
positieve flank



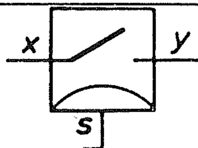
negatieve flank



pulsomvormer, de spanningsvorm(en) wordt ingetekend



impulsgenerator



elektronische gestuurde analoge schakelaar:
$u_y = u_x$ als s "1" is

6/8.1

IEC-symbolen voor logische schakelingen

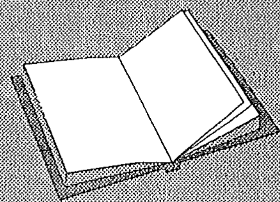
Inleiding

"Amerikaanse" symbolen voldoen niet
Om logische schakelingen als bouwstenen te kunnen gebruiken bij het opzetten van complete schema's, is het noodzakelijk dat van elke schakeling een duidelijk te herkennen symbool bestaat dat geen aanleiding geeft tot vergissingen en bovendien snel te tekenen is. Vroeger werden voor poorten de bekende symbolen volgens de Amerikaanse Mil. Standaard 806P gebruikt, voorgesteld in figuur 6/8.1-1.

Te eenvoudig voor complexe schakelingen
Het zal duidelijk zijn dat deze symbolen voor uitgebreide logische schakelingen die uit grote aantallen poorten zijn opgebouwd niet toereikend zijn: flip-flop's, tellers, en schuifregisters krijgen al gauw van iedere ontwerper een ander zelfbedacht vierkantje als symbool mee.
De samenhang tussen in- en uitgangen van een logische schakeling kan hierbij alleen worden gegeven door begeleidende tekst of door een tekening van het inwendige. Een voorbeeld hiervan is te zien in de figuren 6/8.1-2 en -3. In figuur 6/8.1-2 wordt het interne van dit IC voorgesteld door de standaard poort symbolen. Voor de tekenaar een hels karwei, maar bovendien moet de lezer van het schema de werking van de schakeling gaan doorgronden.
Vandaar kiest men dan maar voor de oplossing van figuur 6/8.1-3, waarin het inwendige van de 74158 op een nietszeggende manier in een rechthoekje werd verpakt. Snel te tekenen, maar over de werking van de schakeling komt men niets te weten!

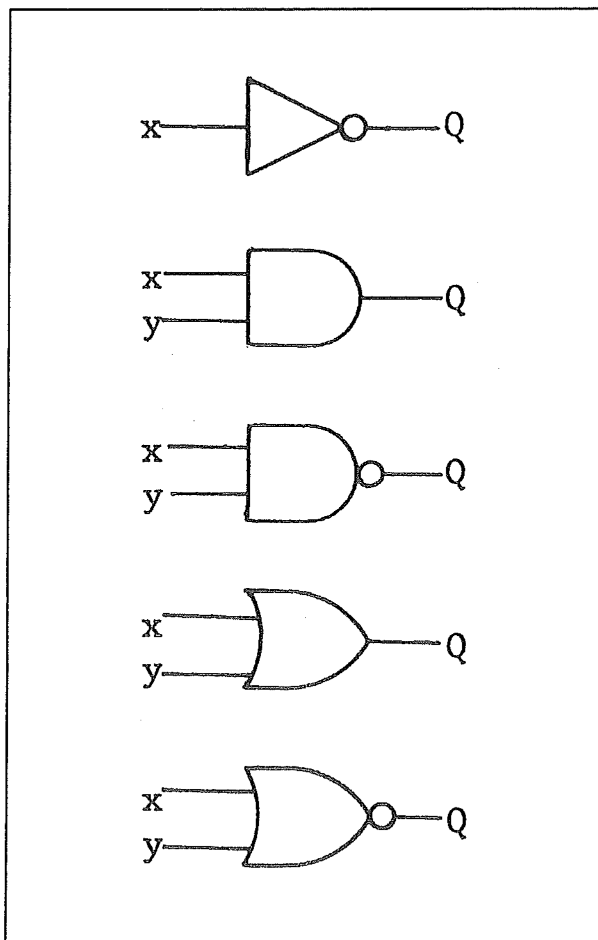
De IEC-symbolen
Door de IEC (Internationale Elektrotechnische Commissie) werd reeds in 1965 een werkgroep opgericht, die als taak kreeg nieuwe symbolen te ontwerpen voor binaire logica. Het resultaat is een soort "symbolentaal", waarin niet iedere logische functie een eigen symbool krijgt, maar waarin aan de hand van grammaticale regels de werking van een functie ondubbelzinnig duidelijk wordt gemaakt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/8



8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

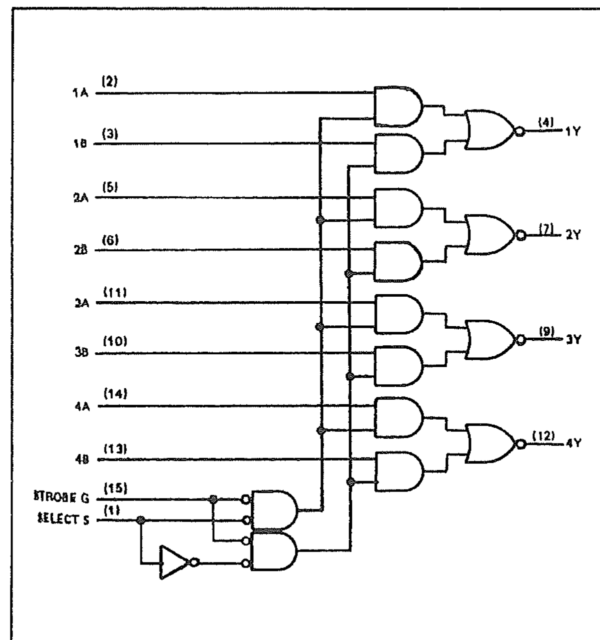
Dit nieuw stelsel is inmiddels een internationale standaard geworden en wie de databoeken van IC-fabrikanten doorbladert zal vaststellen dat alle binaire schakelingen volgens deze normen worden voorgesteld. Het is dus voor iedere elektronicus van het grootste belang enig inzicht te krijgen in deze "symbolische taal" met haar grammatica regels.



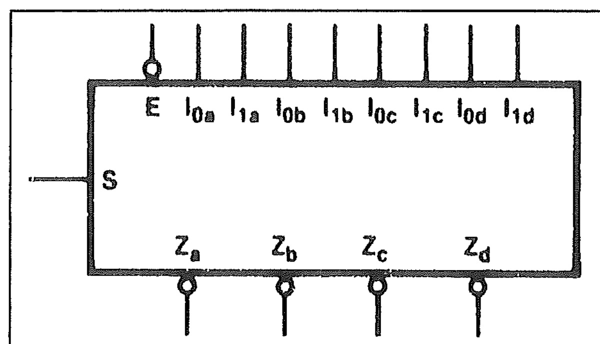
Figuur 6/8.1-1: De oude "Amerikaanse" symbolen voor poorten.

Het idee

Met dit stelsel is het mogelijk ook aan zeer ingewikkelde logische schakelingen een niet mis te verstaan symbool toe te kennen. Doordat de exacte relatie tussen alle in- en uitgangen hiermee wordt vastgelegd zonder in detail te treden over de interne logica, is deze representatie zeer effectief. Bovendien komen in dit stelsel geen ronde vormen meer voor, hetgeen bij het met de computer ontwerpen een extra voordeel is.

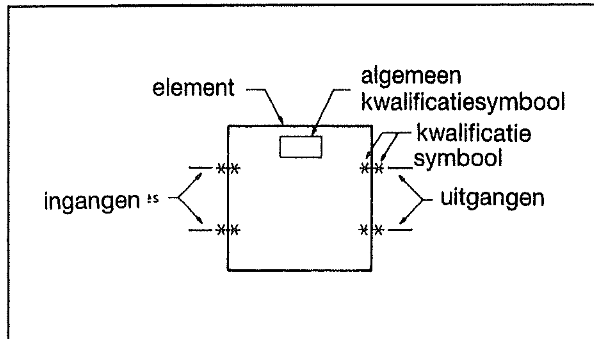


Figuur 6/8.1-2: De werking van complexe IC's kan niet meer overzichtelijk voorgesteld worden met de Amerikaanse poort symbolen.



Figuur 6/8.1-3: Een onbevredigend alternatief: gemakkelijk te tekenen, maar nietszeggend over de werking.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen



Figuur 6/8.1-4: De basisvorm van het IEC-symbool.

Opbouw van de symbolen

In het IEC-stelsel krijgen eenvoudige logische functies een symbool, terwijl voor ingewikkelder functies gebruik wordt gemaakt van afhankelijkheids-noteringen om de relaties tussen de digitale in- en uitgangen te beschrijven. Zoals in figuur 6/8.1-4 te zien is, wordt een symbool gevormd door een rechthoek of een combinatie van rechthoeken waarin een of meer van de algemene tekens uit figuur 6/8.1-5 zijn opgenomen. Met deze tekens kunnen de exacte logische functies worden aangegeven. De signaalrichting door de symbolen is bij voorkeur van links naar rechts. Behalve in uitzonderingsgevallen (waarbij pijlen worden gebruikt) bevinden de ingangen zich dus links, de uitgangen rechts. Alle uitgangen van een enkel, niet verder verdeeld element van een symbool hebben dezelfde interne logische toestanden die afhankelijk zijn van de functie van het element, tenzij een teken binnen het element iets anders aangeeft.

Samenvoegen van identieke elementen

Naast elkaar liggende elementen kunnen tot één symbool worden samengevoegd. Hierbij gelden de volgende regels:

- Wanneer van twee elementen de gemeenschappelijke grenslijn evenwijdig aan de signaalrichting loopt, bestaat er geen logische verbinding tussen deze elementen.

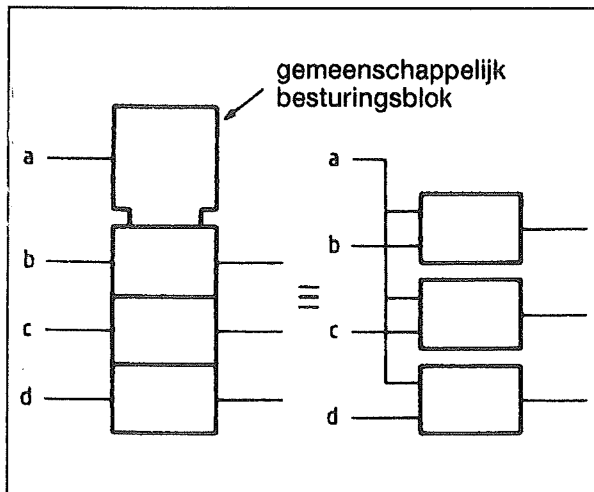
symbool	beschrijving
&	AND-poort of -functie; alle ingangen actief om uitgang actief te maken
≥ 1	OR-poort of -functie; minstens één actieve ingang is nodig om de uitgang actief te maken
= 1	exclusive OR; slechts één ingang moet actief zijn om de uitgang actief te maken
=	logische identiteit; alle ingangen moeten gelijk zijn
$2k$	een even aantal ingangen moet actief zijn
$2k + 1$	een oneven aantal ingangen moet actief zijn
1	de 1-ingang moet actief zijn
▷ of ◁	een buffer of element met meer dan normaal uitgangsvermogen (het symbool staat in de signaalrichting)
⎍	Schmitt-trigger; element met hysterese
X/Y	codeerder of code-omzetter (DEC/BCD, BIN/OCT, BIN/7-segment, enz.)
MUX	multiplexer/data-selecteerder
DMUX of DX	demultiplexer
Σ	opteller
$P - Q$	aftrekker
CPG	look-ahead carry generator
π	vermenigvuldiger
COMP	comparator (vergelijker)
ALU	arithmetic logic unit
⎍	retriggerbaar monostabiel
1 ⎍	niet-retriggerbaar monostabiel (one-shot)
G ⎍⎍	astabiel element; het golfpatroon is een optie
!G ⎍⎍	synchroon startend astabiel
G! ⎍⎍	astabiel element dat stopt na een complete puls
SRG*m*	schuifregister, m = aantal bits
CTR*m*	teller, m = aantal bits; cycluslengte = 2^m
CTR/DIV*m*	teller met cycluslengte = m
RCTR*m*	asynchrone (ripple-carry) teller; cycluslengte = 2^m
ROM	read only memory
RAM	random-access read/write memory
FIFO 1 = 0	first-in/first-out geheugen; bij inschakelen van de voedingsspanning in toestand 0
Φ	zeer complexe functie; '*gray-box*' symbool met beperkt detail

Figuur 6/8.1-5: Deze symbolen worden in het rechthoekje getekend en geven de algemene functie van het element aan.

- Loopt deze lijn echter loodrecht op de signaalrichting, dan bestaat tenminste één logisch verband. Het aantal verbin-

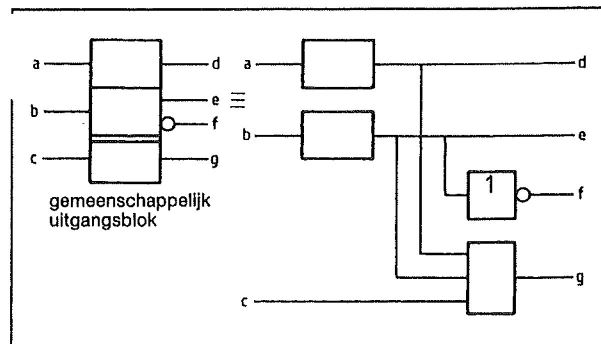
8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

dingen tussen de elementen wordt aangegeven door kwalificatie-symbolen, maar als die ontbreken hebben de elementen slechts één logische verbinding.



Figuur 6/8.1-6: De symboliek van een gemeenschappelijk besturingsblok, in dit geval een ingang a die een gemeenschappelijke ingang is.

- Wanneer meerdere elementen tegelijk worden bediend door één of meer ingangen, kan een gemeenschappelijk besturingsblok worden toegepast. Dit deel van het symbool moet de in figuur 6/8.1-6 voorgeschreven vorm hebben. In dit voorbeeld wordt het ingangssignaal a via het gemeenschappelijke besturingsblok op alle onderliggende elementen aangesloten. Door een afhankelijkheidsnotering kan van deze regel worden afgeweken.
- Een uitgang die van alle elementen afhankelijk is, kan met behulp van een gemeenschappelijk uitgangsblok worden voorgesteld. Het gemeenschappelijke uitgangsblok kan ook nog andere ingangen hebben. Zoals in figuur 6/8.1-7 te zien is, heeft dit blok een dubbele lijn aan de bovenkant, terwijl het moet zijn voorzien van een kwalificatie-symbool.



Figuur 6/8.1-7: De symboliek van een gemeenschappelijk uitgangsblok, in dit geval de uitgang g die afkomstig is van alle interne logische blokken.

Algemene symbolen

Algemene kwalificatie-symbolen

De tabel van figuur 6/8.1-5 geeft een overzicht van de algemene kwalificatie-symbolen die bij IEC worden gebruikt. Deze tekens worden meestal bovenaan in het midden van een element geplaatst en bepalen de logische functie ervan.

Kwalificatie-symbolen voor in- en uitgangen

In de tabel van figuur 6/8.1-8 zijn de kwalificatie-symbolen opgenomen die bij de in- en uitgangen worden gebruikt. Het oude teken voor logische negatie (het cirkeltje) aan de ingang betekend dat een externe "0"-toestand een interne "1"-toestand tot gevolg heeft. Hierbij dient dus het verband tussen "0" en "1" en HOOG en LAAG niveau bekend te zijn, met andere woorden of met positieve of negatieve logica wordt gewerkt.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

symbool	beschrijving
	logische ontkenning aan de ingang: uitwendige 0 levert inwendig een 1
	logische ontkenning aan de uitgang: inwendige 1 levert uitwendig een 0
	laag-actief ingang; equivalent aan —◁ bij positieve logica
	laag-actief uitgang; equivalent aan ▷— bij positieve logica
	laag-actief ingang bij een signaal van rechts naar links
	laag-actief uitgang bij een signaal van rechts naar links
	signaal van rechts naar links
	bidirectioneel signaal
	dynamische ingangen actief bij aangegeven transitie — positieve logica: 1→0; niet gebruikt; 1→0 · negatieve logica: 1→0; niet gebruikt; 0→1 · polariteit-indicatie: niet gebruikt; H→L; L→H
	niet-logische verbinding; een tabel binnen het symbool zal de soort pin definiëren
	ingang voor analoog signaal
	inwendige verbinding: toestand 1 links levert toestand 1 rechts
	ontkennende inwendige verbinding: toestand 0 links levert toestand 1 rechts
	dynamische inwendige verbinding: overgang van 0 naar 1 links levert toestand 1 rechts
	inwendige ingang (virtuele ingang): staat altijd in toestand 1, tenzij beïnvloed door een overheersende afhankelijkheidsrelatie
	inwendige uitgang (virtuele uitgang): invloed op een interne ingang waarmee hij verbonden is wordt door een afhankelijkheidsrelatie aangegeven

Figuur 6/8.1-8: De symbolen die bij de in- en uitgangen worden opgenomen.

Bij de polariteitsaanduiding is dit niet nodig, omdat deze laat zien welk extern logisch niveau overeenkomt met de interne "1"-toestand. Hierbij is het volgende mogelijk:

- Een in- of uitgang met polariteitsaanduiding wil zeggen dat een extern logisch LAAG-niveau overeenkomt met een interne logische "1".
- Bij een in- of uitgang zonder polariteitsaanduiding komt het interne HOOG-niveau overeen met een externe logische "1".

In Engelstalige databoeken wordt meestal de polariteitsaanduiding gebruikt, terwijl men in Duitsland de voorkeur geeft aan de negatie (DIN 40900).

Wanneer bij een gecombineerd symbool de tekens voor de functie en ook de kwalificatiesymbolen aan de in- en uitgangen voor alle elementen dezelfde zijn, behoeven deze symbolen alleen in het eerste element te worden opgenomen. Ook bij omvangrijke symbolen met onderverdelingen behoeven niet alle elementen uitvoerig herhaald te worden, zie bijvoorbeeld het 74LS242-symbool.

Symbolen die gebruikt worden binnen het kader

Ook binnen het rechthoekige kadertje kunnen extra symbolen worden opgenomen. Deze zijn opgenomen in de tabel van figuur 6/8.1-9. Behalve deze tekens bestaan er nog meer die voor zichzelf spreken. Over het algemeen hebben zij betrekking op rekenkundige handelingen.

Wanneer informatie binnen een symbool wordt gegeven die niet aan de IEC-norm voldoet, wordt deze tussen vierkante haken geplaatst.

In de tabel is te zien dat voor open-collector, open-emitter en 3-state uitgangen aparte tekens bestaan.

Let op dat een enable-ingang (EN) alle uitgangen beïnvloedt en geen effect heeft op de ingangen. Wanneer een enable-ingang slechts invloed heeft op bepaalde uitgangen en/of een of meer ingangen, wordt dit met een afhankelijkheidsnotering aangegeven.

Het is ook belangrijk te weten dat een D-ingang altijd de data-ingang van een geheugen element is. Een interne logische "1" op de D-ingang zet het geheugenelement in de "1"-toestand, terwijl een logische "0" het element terugzet in de "0"-toestand.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

ymbool	beschrijving
	vertraagde uitgang (van een pulse-triggered flipflop)
	bi-drempelingang (ingang met hysterese)
	NPN open-collector met laag-impedant L-niveau indien niet uitgeschakeld; heeft uitwendig een pull-up weerstand nodig
	passieve pull-up uitgang: identiek aan de NPN open-collector uitgang maar met extra ingebouwde pull-up weerstand
	NPN open emitter met een laag-impedant H-niveau indien niet uitgeschakeld; heeft uitwendig een pull-down weerstand nodig
	passieve pull-down uitgang: identiek aan de NPN open-emitter uitgang maar met extra ingebouwde pull-down weerstand
	tri-state uitgang tri-state uitgangen zijn intern normaal gedefinieerd; uitwendig hoog impedant; alle andere uitgangen staan op de inwendige 0-toestand
	uitgang met groter vermogen dan normaal
EN	enable-ingang indien intern in toestand 1: alle uitgangen enabled indien intern in toestand 0: open collector en open emitter staan uit
J,K,R,S,T	meestal gebruikt bij flipflops (bijv. R = reset, T = toggle)
D	data-ingang naar geheugenelement; equivalent aan: S R
→m ←m	schuif rechts (links) ingangen, $m = 1, 2, 3$ enz.; meestal niet bij $m = 1$
+m −m	tel heen (terug) ingangen, $m = 1, 2, 3$ enz.; meestal niet bij $m = 1$
0 m	binaire groep; m is de hoogste macht van 2
CT=15	zet een bepaalde waarde in een register
CT=9	de uitgang is actief bij een bepaalde waarde (9) in een register
	lijngroepering; twee of meer lijnen vormen samen de logische ingang, bijv. het ingangspaar bij de SN7450 (X, $\bar{X}$, E)
"1"	vaste-toestand uitgang: staat altijd in de 1 toestand

Figuur 6/8.1-9: Extra symbolen die binnen een blok kunnen worden opgenomen.

Het groeperen van in- of uitgangen wordt aangegeven met het bit-groeperingsteken. Binair gewogen ingangen worden in volgorde gezet, waarbij de binaire waarden (bijdragen) van het minst en meest belangrijke bit met cijfers worden vermeld. Alleen bij gebruik van het bit-groeperingsteken worden de waarden van in- en uitgangen als machten van twee genoteerd; in andere gevallen gebruikt men decimale equivalenten.

Ingangen die met het bit-groeperingsteken bij elkaar horen, produceren een intern getal dat de som is van de individuele waarden als die "1" zijn. Het bit-groeperingsteken wordt vaak gebruikt bij het adresseren van geheugens.
De symbolen worden toegepast om de interne verbindingen tussen de logische elementen aan te geven. De interne (virtuele) ingang is een ingang die ergens binnenin de schakeling ontstaat en die niet direct van buitenaf bereikt kan worden. Hetzelfde geldt voor de interne uitgang.

Afhankelijkheids-noteringen

Inleiding

Het is aan de afhankelijkheidsnoteringen te danken dat de IEC-symbolen zo krachtig en duidelijk zijn. De relaties tussen ingangen en uitgangen, maar ook tussen in- en uitgangen onderling worden duidelijk aangegeven, terwijl het toch niet nodig is om alle betrokken elementen en verbindingen te laten zien. De informatie van de afhankelijkheidsnotering en die van de kwalificatie-symbolen vullen elkaar aan.
Bij de afhankelijkheidsnotering worden de begrippen "besturen" en "bestuurd" toegepast. Wanneer het niet absoluut duidelijk is welke ingangen als besturend of bestuurd moeten worden beschouwd (bijvoorbeeld als zij een AND-relatie tot elkaar hebben), wordt de meest voor de hand liggende ingang gekozen.

Soorten afhankelijkheden

Tot op heden worden tien soorten afhankelijkheden gedefinieerd:

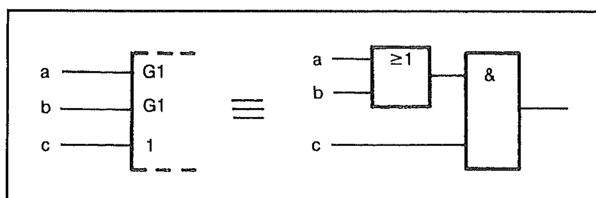
8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

- G: AND;
- V: OR;
- N: Negatie of Exclusive-OR;
- Z: verbinding;
- C: Control;
- S: Set;
- R: Reset;
- EN: Enable;
- M: Modus;
- K: Adres.

Algemene regels

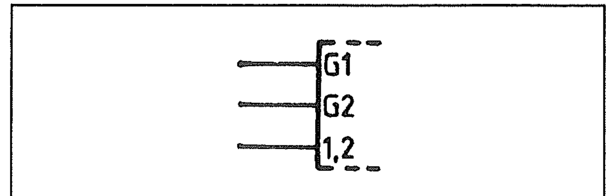
De algemene regels die op de afhankelijkheidsnotering worden toegepast, zijn:

- De ingang (of uitgang) die andere ingangen of uitgangen bestuurt, wordt voorzien van een letter die de betreffende relatie aangeeft (bijvoorbeeld G voor AND), gevolgd door een geschikt identificatienummer (label).
- Elke ingang of uitgang die bestuurd wordt door die besturende in- of uitgang krijgt hetzelfde nummer.
- Hebben twee besturende in- of uitgangen dezelfde letter en hetzelfde identificatienummer, dan hebben ze een OR-functie ten opzichte van elkaar. Een voorbeeld hiervan is getekend in figuur 6/8.1-10.



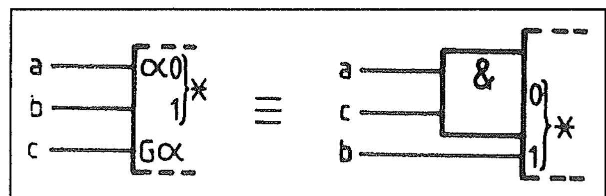
Figuur 6/8.1-10: Een OR-functie van twee besturende ingangen met dezelfde letter en hetzelfde identificatienummer.

Als een ingang of een uitgang door meer dan één ingang wordt beïnvloed, worden alle identificatienummers, gescheiden door komma's, hierbij vermeld. Een voorbeeld is getekend in figuur 6/8.1-11.



Figuur 6/8.1-11: Een interne ingang die door meer dan één ingang wordt bestuurd.

Heeft de betreffende in- of uitgang een letter nodig om de functie ervan te beschrijven (bijvoorbeeld "D"), dan wordt de letter vooraf gegaan door de nummers. Indien de labels die de functie van de bestuurde in- of uitgangen aangeven uit nummers bestaan (bijvoorbeeld uitgangen van een codeerschakeling), dan krijgen zowel de besturende als de bestuurde ingangen een ander karakter, bijvoorbeeld een Griekse letter om misverstanden te voorkomen. Een voorbeeld hiervan is getekend in figuur 6/8.1-12.



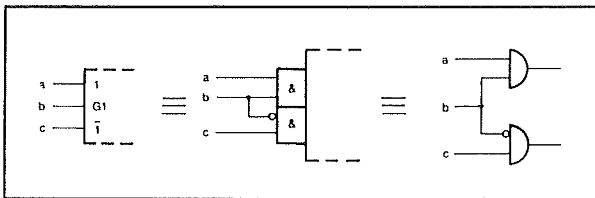
Figuur 6/8.1-12: Vervanging van nummers door andere tekens, bijvoorbeeld Griekse letters.

G-afhankelijkheid: AND

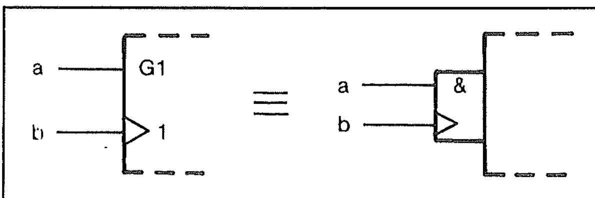
De traditionele methode om een AND-relatie aan te geven met het halfronde symbool met alle verbindingen wordt in het IEC-stelsel niet meer gebruikt. In het voorbeeld van figuur 6/8.1-13 hebben de ingangen a en b een AND-verband, terwijl het complement van b met c ook een AND-verband heeft. In het linker symbool

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

wordt het AND-verband aangegeven met de letter G, binnen de omlijning bij de b-ingang. Na de letter G en ook bij elke bestuurde ingang wordt een voor de ontwerper aanvaardbaar nummer geplaatst (hier is 1 gebruikt). Let op het streepje boven de 1 bij ingang c.



Figuur 6/8.1-13: De G-afhankelijkheid tussen AND-ingangen.

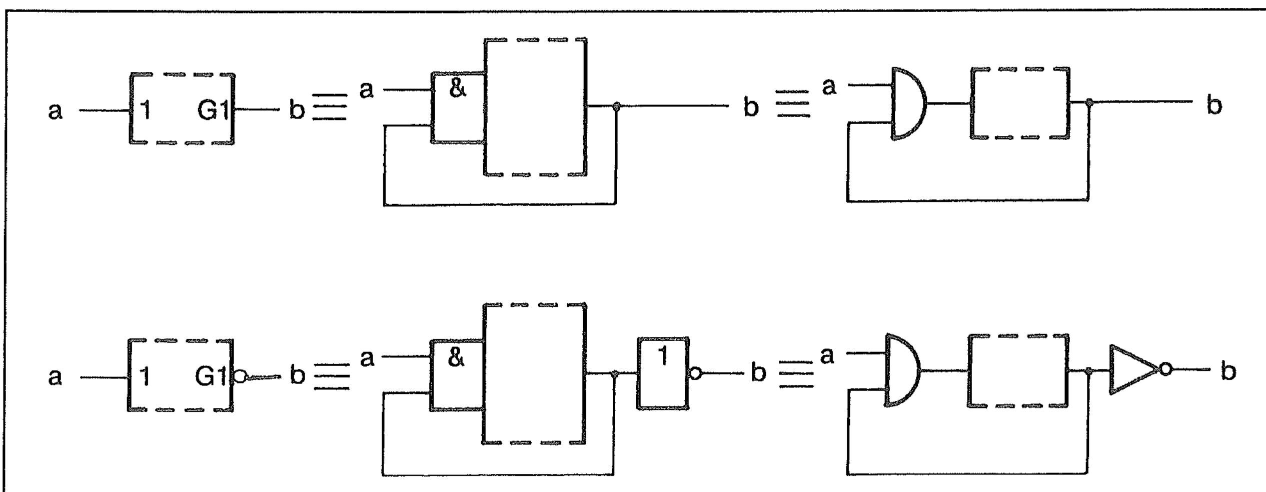


Figuur 6/8.1-15: G-afhankelijkheid bij een dynamische ingang.

In figuur 6/8.1-14 beïnvloedt uitgang b ingang a met een AND-relatie. Het onderste voorbeeld laat zien dat het de interne toestand van b is (niet aangetast door het negatie-teken) die ge-AND wordt.
In figuur 6/8.1-15 wordt a ge-AND met de dynamische ingang b.
De regels voor het toepassen van de G-afhankelijkheid kunnen als volgt worden samengevat:

- Wanneer een Gm-ingang of Gm-uitgang (m is een getal) intern op logisch "1" staat, zullen alle door Gm beïnvloede in- en uitgangen zich in hun normaal gedefinieerde interne logische toestanden bevinden.
- Staat de Gm-ingang of de Gm-uitgang intern op logisch "0", dan staan ook alle hierdoor beïnvloede in- en uitgangen intern op logisch "0".

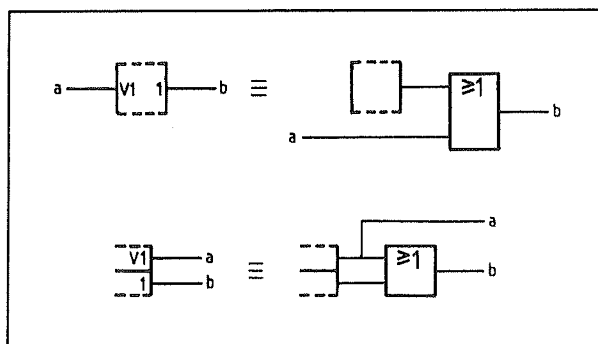
V-afhankelijkheid: OR
Het symbool dat de OR-relatie aangeeft, is de letter V. Wanneer een Vm-ingang of een Vm-uitgang intern logisch "1" is, staan alle in- en uitgangen die door Vm worden beïnvloed intern op logisch "1". Staat de Vm-ingang of de Vm-uitgang intern op logisch "0", dan bevinden alle door Vm beïnvloede in- en uitgangen zich in hun normaal gedefinieerde interne logische



Figuur 6/8.1-14: G-afhankelijkheid tussen in- en uitgangen.

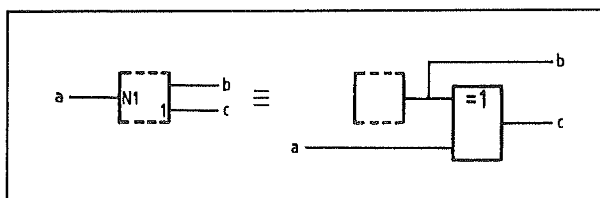
8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

toestanden. In figuur 6/8.1-16 is hiervan een voorbeeld gegeven.



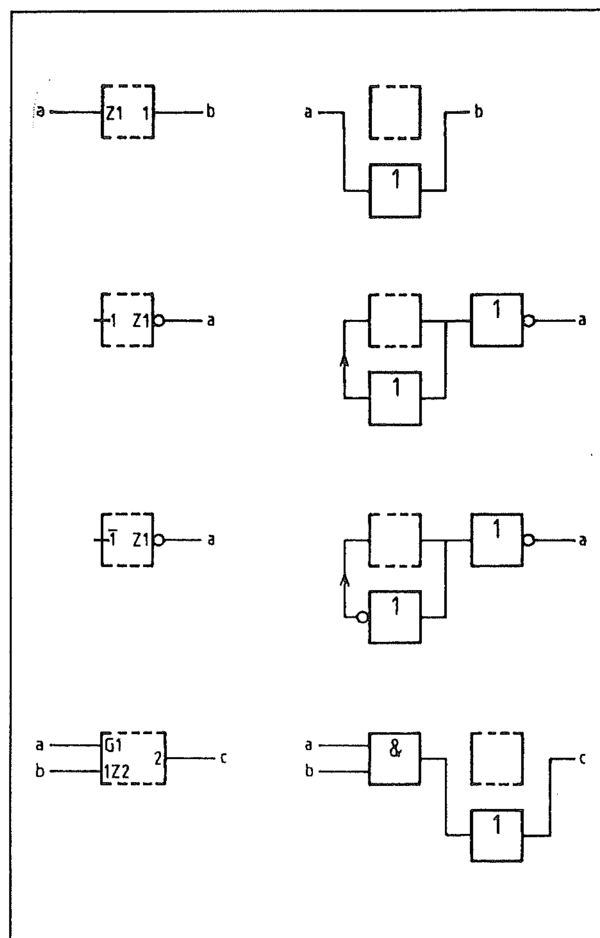
Figuur 6/8.1-16: V-afhankelijkheid (OR).

N-afhankelijkheid: NIET of EXOR
Het symbool voor de NIET-relatie is de letter N. Elke in- of uitgang die door een Nm-uitgang (of Nm-uitgang) wordt beïnvloed heeft hier een "Exclusive OR"-relatie mee. In het voorbeeld van figuur 6/8.1-17 is c=b als a="0" en c=$\bar{b}$ als a="1". Wanneer een Nm-ingang of een Nm-uitgang intern op logisch "1" staat, zal elke door Nm beïnvloede in- en uitgang de complementaire toestand aannemen. Staat de Nm-ingang of Nm-uitgang intern op logisch "0", dan bevinden alle door Nm beïnvloede in- of uitgangen zich in de normaal gedefinieerde toestanden.



Figuur 6/8.1-17: N-afhankelijkheid (Exclusive OR).

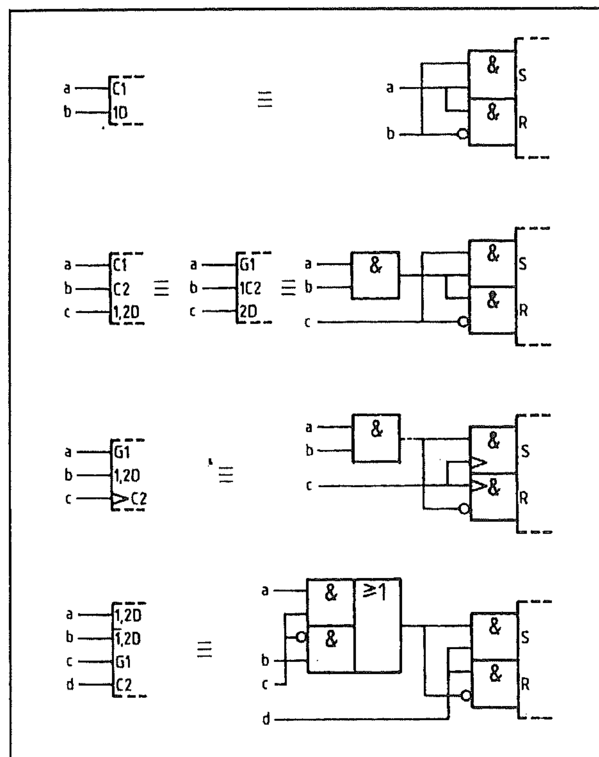
Z-afhankelijkheid: verbinding
In sommige gevallen is het nodig de interne verbindingen tussen ingangen, uitgangen, interne ingangen en/of interne uitgangen te laten zien. Deze relatie wordt aangegeven met de letter Z. Alle in- en uitgangen die door een Zm-ingang (of -uitgang) bestuurd worden, nemen dezelfde interne logische toestand aan als de Zm-ingang (of -uitgang), tenzij ze door een extra afhankelijkheidsnotering gemodificeerd zijn. Voorbeelden hiervan worden samengevat in figuur 6/8.1-18.



Figuur 6/8.1-18: Z-afhankelijkheid (verbindingen).

C-afhankelijkheid: Control
Control ingangen geven de data ingangen (bijvoorbeeld D, J, K, R of S) van geheugen elementen vrij (=enable) of sperren deze (=disable). Deze bestuurbaarheid wordt aangegeven met de letter C. Voorbeelden hiervan zijn samengevat in figuur 6/8.1-19.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

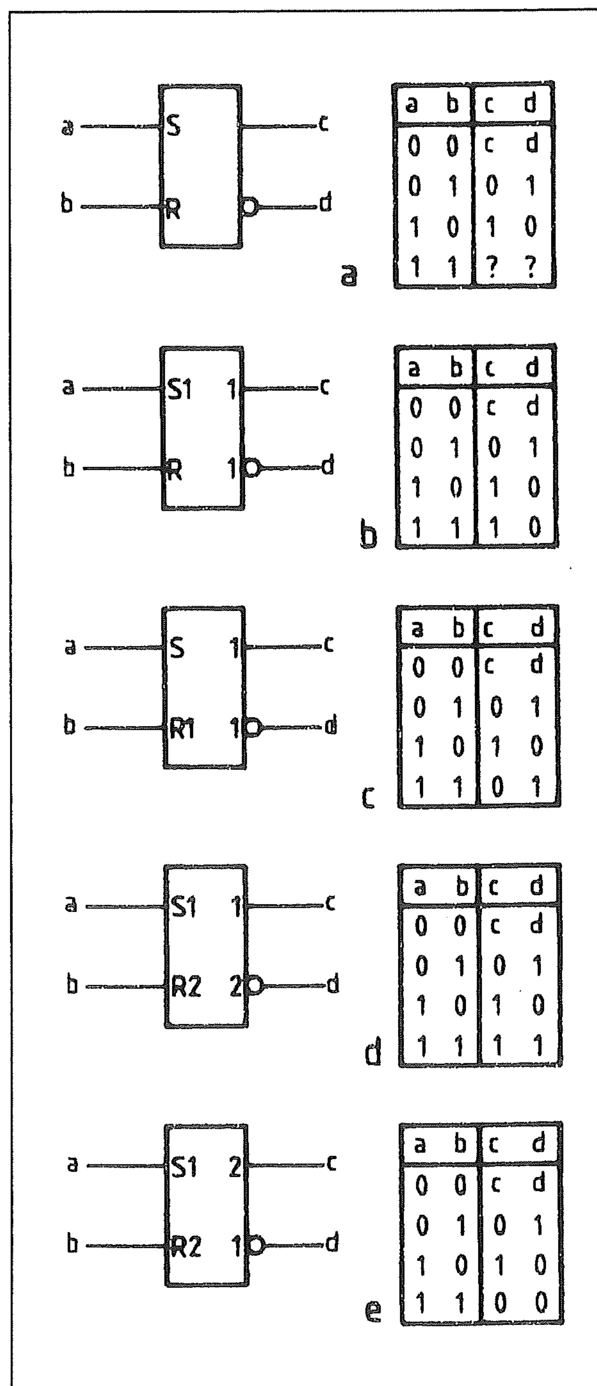


Figuur 6/8.1-19: C-afhankelijkheid (besturing).

Wanneer een Cm-ingang intern logisch "1" is, hebben de door Cm beïnvloede ingangen hun normale effect op de functie van het element, deze ingangen zijn "enabled". Met een Cm-ingang intern op logisch "0" zijn de door Cm bestuurde ingangen "disabled" en hebben zij geen effect op de functie van het element.

S en R-afhankelijkheid: Set en Reset

De Set en Reset afhankelijkheden (de letters S en R) worden gebruikt als het nodig is om het effect van de combinatie R=S="1" op een bistabiel element te laten zien. In figuur 6/8.1-20a wordt de S- of de R-afhankelijkheid niet gebruikt (?= niet gespecificeerd). Wanneer een Sm-ingang intern op logisch "1" staat, zullen de door Sm bestuurde uitgangen net zo reageren (onafhankelijk van de toestand van de R-ingang) als in het geval dat S="1" en R="0" (figuur 6/8.1.20b). Met een Rm-ingang intern op logisch "1" reageren de door Rm bestuurde ingangen (onafhankelijk van de toestand van de S-ingang) hetzelfde als in het geval dat S="0" en R="1" (figuur 6/8.1-20c).



a

a	b	c	d
0	0	c	d
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	?	?

b

a	b	c	d
0	0	c	d
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

c

a	b	c	d
0	0	c	d
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1

d

a	b	c	d
0	0	c	d
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

e

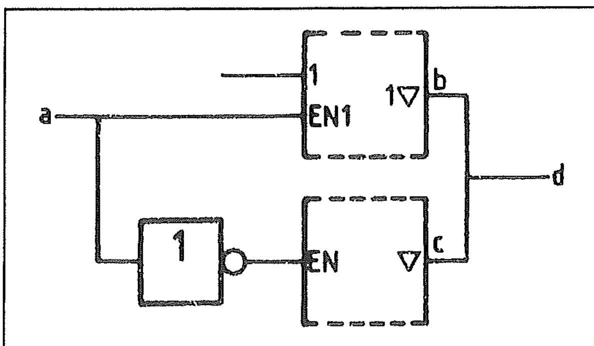
a	b	c	d
0	0	c	d
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Figuur 6/8.1-20: S- en R-afhankelijkheden.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

De niet-complementaire uitgangspatronen in de figuren 6/8.1-20d en -e (laatste regel in deze waarheidstabellen) zijn slechts pseudo-stabiel. Gelijktijdige terugkeer van de ingangen naar S=R="0" heeft een niet te voorspellen stabiel en complementair uitgangspatroon tot gevolg.
Wanneer een Sm of Rm ingang intern logisch "0" is, heeft deze geen effect.

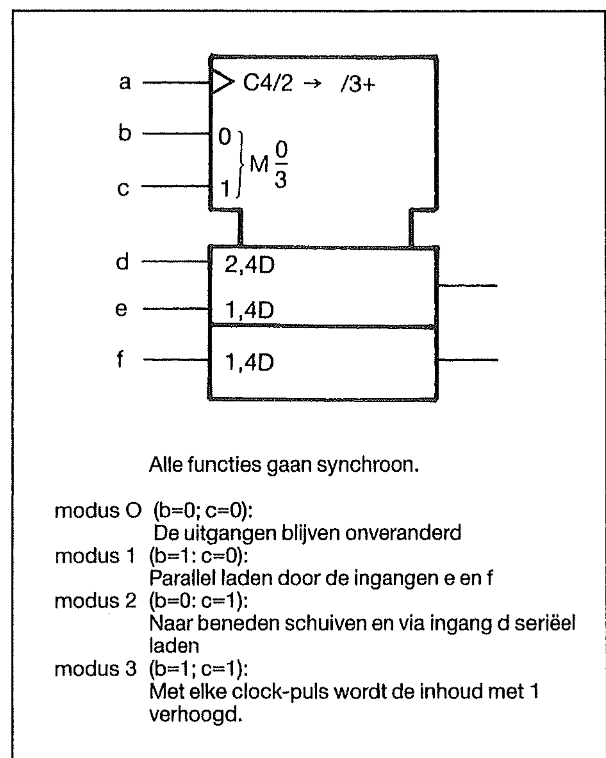
EN-afhankelijkheid: Enable
Het symbool voor de vrijgave (enable) is de lettercombinatie EN. Een ENm-ingang heeft hetzelfde effect op uitgangen als een EN-ingang maar ENm beïnvloedt alleen de uitgangen met het identificatienummer "m". Bovendien bestuurt een ENm-ingang ook ingangen met het nummer "m", terwijl een EN-ingang alleen uitgangen bestuurt.
Het effect van een ENm-ingang op een bestuurbare ingang is hetzelfde als dat van een Cm-ingang (figuur 6/8.1-21). Voor a="0" is b gesperd en d=c. Voor a="1" is c gesperd en d=b.



Figuur 6/8.1-21: EN-afhankelijkheid (enable).

Wanneer een ENm-ingang intern logisch "1" is, zijn de door ENm beïnvloede in- en uitgangen vrijgegeven (enabled).
Staat een ENm-ingang intern op logisch "0" dan zijn de hierdoor bestuurde in- en uitgangen gesperd:

- open uitgangen zijn afgeschakeld;
- passief opgetrokken uitgangen krijgen een hoogimpedant "0" niveau;
- passief neergetrokken uitgangen worden hoog-impedant "1";
- 3-state uitgangen behouden hun normaal gedefinieerde logische toestand, maar zullen naar buiten toe hoog-impedant zijn;
- alle andere uitgangen (zoals totempaal-uitgangen) worden intern logisch "0".



Figuur 6/8.1-22: M-afhankelijkheid van ingangen.

M-afhankelijkheid: Modus
De modus-afhankelijkheid (letter M) wordt gebruikt om aan te geven dat de effecten van bepaalde ingangen en uitgangen van een element afhangen van de modus waarin het element werkt. Als een ingang of uitgang onder verschillende bedrijfsomstandigheden hetzelfde effect

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

heeft, worden de identificatienummers van de besturende Mm-ingang in het label van de bestuurde in- of uitgang tussen haakjes geplaatst en gescheiden door een schuine streep (figuur 6/8.1-22).

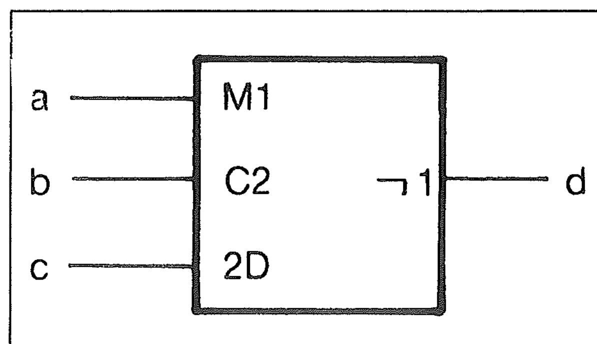
M-afhankelijkheid van ingangen

De M-afhankelijkheid bestuurt ingangen precies zoals de C-afhankelijkheid. Wanneer een Mm-ingang of Mm-uitgang intern op logisch "1" staat, dan zijn de hierdoor bestuurde ingangen vrijgegeven. Bevindt een Mm-ingang of uitgang zich intern op logisch "0"-niveau, dan werken de hierdoor bestuurde ingangen niet. Als bij een besturende ingang meerdere, door schuine strepen gescheiden groepen labels staan, dan heeft geen van de groepen waarin het m-nummer voorkomt effect en kan dus worden genegeerd. Dit betekent dan dat sommige functies van een multifunctie ingang gesperd zijn.
De schakeling in figuur 6/8.1-22 heeft twee ingangen b en c, waarmee uit vier modi (0, 1, 2 of 3) kan worden gekozen. De ingangen d, e en f zijn D-ingangen die onder invloed staan van de dynamische besturing (clock) van ingang a. De nummers 1 en 2 geven de bedrijfsomstandigheden aan:

- De ingangen e en f werken alleen in modus 1 (parallel laden) en ingang d werkt alleen in modus 2 (serieel laden).
- Ingang a heeft drie functies: het is de clock voor het binnenlaten van data; in modus 2 laat hij data naar rechts schuiven (weg van het besturingsblok) en in modus 3 wordt telkens de inhoud van het register met 1 verhoogd.

M-afhankelijkheid van uitgangen

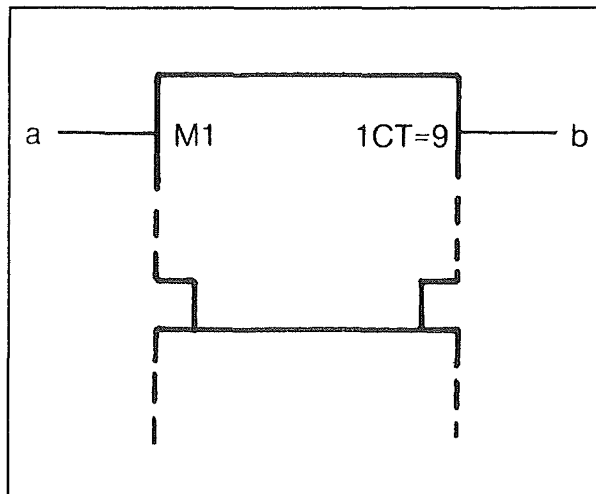
Wanneer een Mm-ingang of Mm-uitgang intern op logisch "1" staat, bevinden de bestuurde uitgangen zich in hun normaal gedefinieerde logische toestanden, ze zijn dus vrijgegeven (enabled). Staat een Mm-ingang of Mm-uitgang intern op logisch "0", dan zijn de beïnvloede uitgangen gesperd.
Heeft een ingang of uitgang verschillende groepen identificaties, die door schuine strepen van elkaar gescheiden zijn (bijvoorbeeld 2,4/3,5), dan kan elke groep waarin het m-nummer voorkomt worden genegeerd.
In figuur 6/8.1-23 is modus 1 geldig wanneer de a-ingang intern logisch "1" is. Het vertraagde uitgangssymbool is dan actief, waardoor het element als impulsgetriggerde type-D flip-flop werkt. In modus 2 (a="0") werkt het vertragingssymbool aan de uitgang niet en functioneert het element als transparante latch.



Figuur 6/8.1-23: Flip-flop waarvan het type door de modus wordt bepaald.

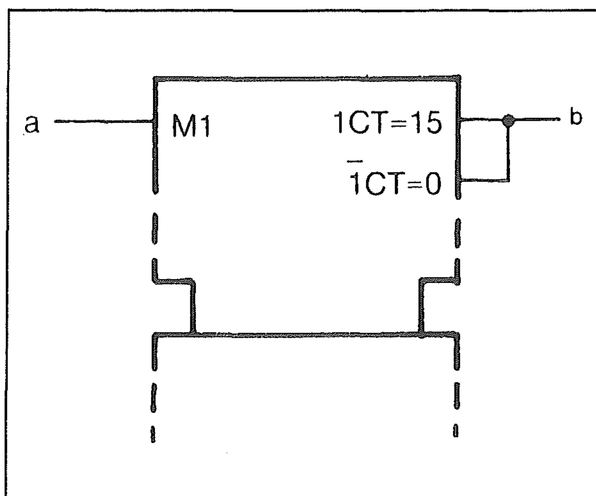
Wanneer in figuur 6/8.1-24 ingang a intern logisch "1" is, zodat modus 1 geldt, zal uitgang b alleen de interne "1"-toestand hebben als de inhoud van het register gelijk aan 9 is. Daar uitgang b zich in het besturingsblok bevindt en behalve in modus 1 geen gedefinieerde functie heeft, zal deze zich (onafhankelijk van de inhoud van het register) in de interne "0"-toestand bevinden als ingang a intern logisch "0" is.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen



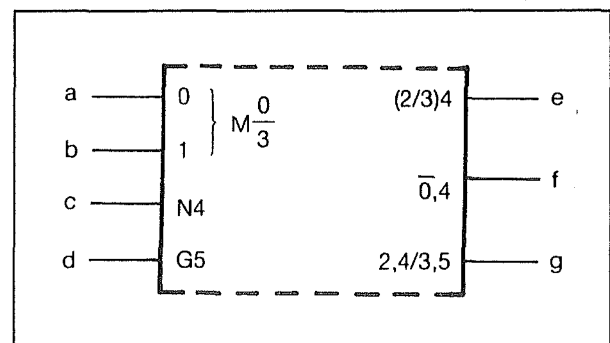
Figuur 6/8.1-24: Sperren van een uitgang van het gemeenschappelijke besturingsblok.

Bevindt ingang a in figuur 6/8.1-25 zich intern op logisch "1"-niveau, dan is uitgang b alleen dan logisch "1" wanneer de inhoud van het register gelijk is aan 15. Staat ingang a intern op logisch "0" dan is uitgang b alleen intern "1" als de inhoud van het register gelijk is aan 0.



Figuur 6/8.1-25: Bepaling van de functie van een uitgang.

In figuur 6/8.1-26 zijn de ingangen a en b binair gewogen om de beschikking te krijgen over de getallen 0, 1, 2 en 3, waardoor vier modi mogelijk zijn. Aangezien geen enkele uitgang het nummer 0 bevat, staan alle uitgangen in modus 0 (a="0" en b="0") in hun normaal gedefinieerde toestanden. Uitgang f heeft een $\overline{0}$ in zijn label, hetgeen betekent dat uitgang f wordt beïnvloed door alle modi behalve modus 0. In modus 1 (a="1" en b="0") wordt alleen uitgang f bestuurd, die afhankelijk is van ingang c (N4). De uitgangen e en g worden bestuurd door modus 2 (a="0" en b="1"). Ze zijn ook afhankelijk van ingang c (N4), hetgeen betekent dat negatie van de interne toestanden van e en g optreedt als c="1".



Figuur 6/8.1-26: Uitgangen met onderlinge relaties die worden beïnvloed door de modus.

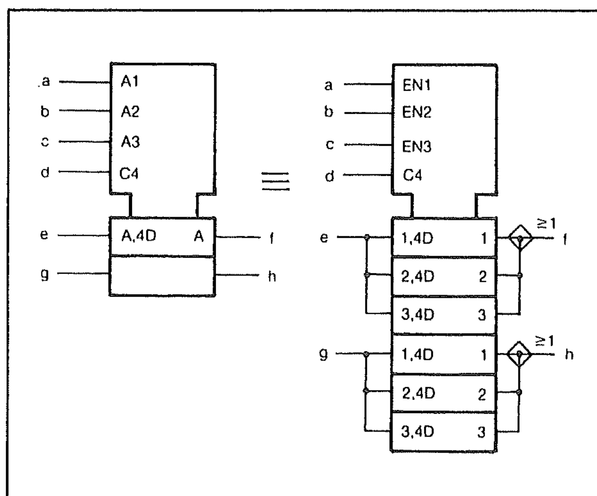
Uitgang f wordt beïnvloed omdat MO intern logisch "0" is. In modus 3 (a="1" en b="1") worden alle uitgangen bestuurd, waarbij e en f naar ingang c kijken en g naar ingang d.

A-afhankelijkheid: adressen

Door adres-afhankelijkheid toe te passen wordt een duidelijke presentatie mogelijk van elementen (vooral geheugens) die voor het selecteren van bepaalde delen uit een meerdimensionaal veld gebruik maken van adresbesturingsingangen. Een dergelijk gedeelte uit een geheugenveld wordt meestal "woord" genoemd. Met

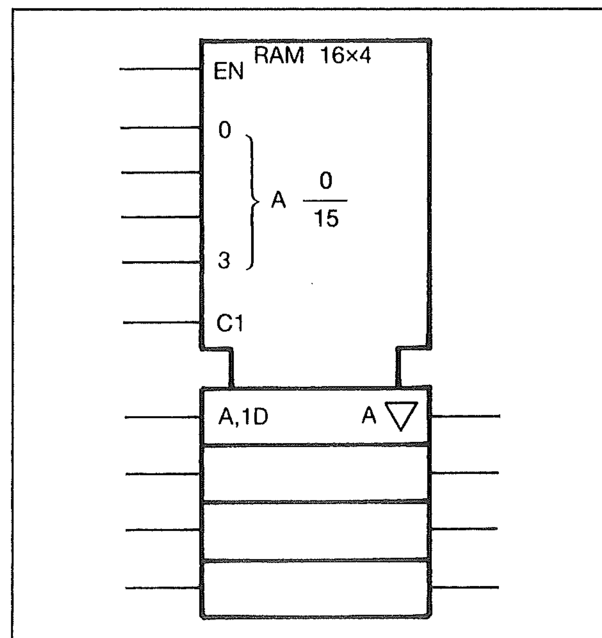
8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

adres-afhankelijkheid (letter A) kan een heel veld symbolisch worden voorgesteld. Een veld-ingang van een bepaald element in een algemeen gedeelte wordt ook gebruikt door de overeenkomstige elementen van alle geselecteerde delen van het veld. Een veld-uitgang van een bepaald element in een algemeen gedeelte is de OR-verbinding van de uitgangen van de overeenkomstige elementen van de gekozen delen. Wanneer wordt aangegeven dat de uitgang van een element een open-collector of 3-state uitgang is, dan heeft deze aanduiding betrekking op alle uitgangen van het veld.
Ingangen die niet door andere ingangen worden beïnvloed hebben hun normaal gedefinieerde effect op alle delen van het veld, terwijl ingangen die alleen door een adresingang worden bestuurd slechts effect hebben op het gedeelte dat door de adressering is geselecteerd.



Figuur 6/8.1-27: A-afhankelijkheid (adresseerbaarheid).

Een besturende adresingang krijgt de letter A, gevolgd door een identificatienummer dat overeenkomt met het door deze ingang gekozen deel van het veld. Binnen de omlijning van een algemeen deel van een symbool krijgen de in- en uitgangen die worden beïnvloed door een Am-ingang de letter A die in de plaats komt van de identificatienummers, dit wil zeggen de adressen van deze delen.
In het voorbeeld van figuur 6/8.1-27 is een geheugen te zien dat 3 woorden van 2 bit groot is. Elk woord heeft een eigen adreslijn en om de werking uit te leggen wordt gebruik gemaakt van de EN-afhankelijkheid.



Figuur 6/8.1-28: Voorbeeld van de A-afhankelijkheid bij een 16 x 4 RAM.

Om woord 1 te kiezen wordt ingang a in de "1"-toestand gebracht, waardoor modus 1 optreedt. Nu kan data in de met 1,4 gemerkte D-ingangen worden geschreven. Tenzij de woorden 2 en 3 worden gekozen, kan geen data in de 2,4 en 3,4 D-ingangen worden geschreven. De uitgangen hebben de OR-functie van de gekozen (door EN vrijgegeven) uitgangen. De identificatienummers van de besturende ingangen komen overeen met de adressen van de hiermee gekozen delen

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

(woorden). Zij behoeven niet af te wijken van andere besturende afhankelijkheidsingangen (G, V, N, enz.) omdat zij in het algemene gedeelte van het symbool worden vervangen door de letter A. Indien er, voor onafhankelijke en eventueel simultane toegang tot bepaalde delen van het geheugen meerdere groepen besturende Am-ingangen zijn, wordt de letter A gemodificeerd tot 1A, 2A, enz. Een voorbeeld van deze opzet is te zien in figuur 6/8.1-28. Dit random toegankelijke geheugen (16 woorden x 4 bit RAM) bestaat uit 16 delen met elk 4 transparante latches.

Samenvatting

In de tabel van figuur 6/8.1-29 wordt tenslotte een samenvatting gegeven van de tien afhankelijkheidsnoteringen.

soort afhankelijkheid	letter symbool	besturende ingang logisch '1'	besturende ingang logisch '0'
adres	A	actie mogelijk (adres is gekozen)	verhindert actie (adres niet gekozen)
besturing	C	actie mogelijk	verhindert actie
vrijgave (enable)	EN	actie mogelijk	verhindert actie van ingangen ◇-uitgangen afgeschakeld ▽-uitgangen hoog-impedant, geen verandering van de interne logische toestanden Andere uitgangen intern in '0'-toestand
AND	G	actie mogelijk	legt '0'-toestand op
modus	M	actie mogelijk bij gekozen modus	verhindert actie (modus niet gekozen)
negatie (EXOR)	N	complementeert de toestand	geen werking
reset	R	bestuurde uitgang reageert als bij S=0, R=1	geen werking
Set	S	bestuurde uitgang reageert als bij S=1, R=0	geen werking
OR	V	legt 1-toestand op	maakt actie mogelijk
verbinding	Z	legt 1-toestand op	legt 0-toestand op

Figuur 6/8.1-29: Samenvatting van de afhankelijkheidsnoteringen.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

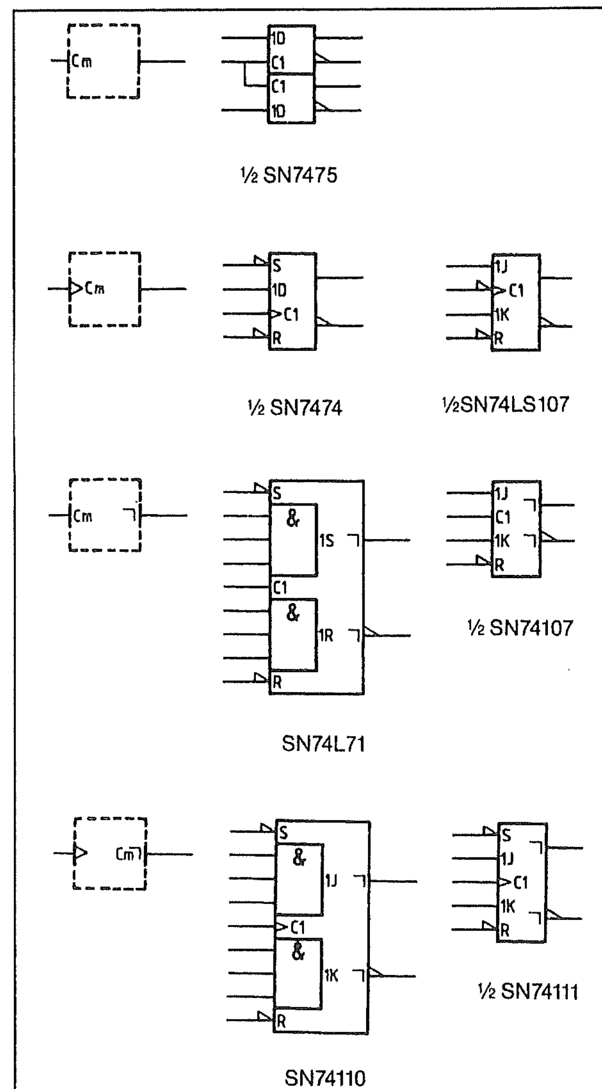
Bistabiele elementen

Inleiding
Het dynamische ingangssymbool, het vertraagde uitgangssymbool en de afhankelijkheidsnotering maken het mogelijk om de bistabiele elementen onder te verdelen in vier hoofdgroepen, waarbij synchrone en asynchrone ingangen gemakkelijk kunnen worden herkend. In de linker kolom van figuur 6/8.1-30 zijn de essentiële verschillen te zien, terwijl de figuren in de andere kolommen voorbeelden zijn. Een vijfde soort bistabiel element, het direct werkende SR-element, werd al vermeld bij de S- en R-afhankelijkheden.

Transparante latches
Transparante latches hebben een niveau-afhankelijke besturingsingang. De D-ingang is net zo lang actief als de C-ingang intern logisch "1" is. De uitgangen reageren direct.

Flank-getriggerde elementen
Flank-getriggerde (edge-triggered) elementen nemen de data van de D, J, K, R of S ingangen over tijdens een actieve overgang op C.

Impulsbestuurde elementen
Bij impulsbestuurde elementen is het nodig dat de data klaar staat voordat de besturingspuls start. De C-ingang wordt als statisch beschouwd aangezien de data in stand moet worden gehouden zolang C logisch "1" is. De uitgang wordt vertraagd totdat C terugkeert naar logisch "0". Het op twee flanken getriggerde element (data lock-out) komt overeen met de impulsgetriggerde versie, behalve dat de C-ingang hierbij als dynamisch wordt beschouwd: de data-ingangen worden gesperd kort nadat C door de actieve overgang is gegaan, zodat de data daarna mag veranderen. De uitgang wordt echter vertraagd totdat de C-ingang weer in zijn oorspronkelijke externe toestand komt.



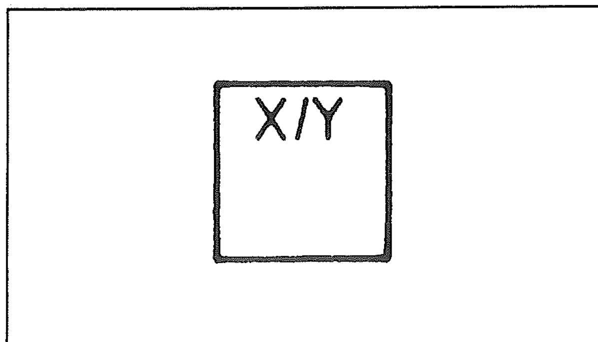
Figuur 6/8.1-30: De vier typen van bistabiele elementen.

Opmerking
In vergelijking tot asynchrone ingangen (S, R) die niet van C afhankelijk zijn, kunnen synchrone ingangen door hun afhankelijkheidsnotering (1D, 1J, 1K, 1S, 2R) gemakkelijk worden herkend.

Codeer-elementen

Inleiding

Het algemene symbool voor een codeerschakeling of code-omzetter is te zien in figuur 6/8.1-31. X en Y kunnen worden vervangen door indicaties van de gebruikte codes aan de in- en uitgangen, bijvoorbeeld DEC voor decimaal, BCD voor binary coded decimal of OCT voor octaal. Een binair naar decimaal omzetter krijgt dan de code BIN/DEC.



Figuur 6/8.1-31: Algemeen symbool van een codeer-element.

Code-omzetting

De aanwijzing van de code-omzetting berust op de volgende regel:

- Afhankelijk van de ingangscode nemen de interne logische toestanden van de ingangen een interne waarde aan. Deze waarde wordt, afhankelijk van de uitgangscode, weergegeven door de uitgangen.
- Het verband tussen de interne logische toestanden van de ingangen en de interne waarde wordt weergegeven door:
  - Het gebruik van nummers, zodat de interne waarde gelijk is aan de som van de waarden van de ingangen die intern op logisch "1" staan.
  - Door X te vervangen door een geschikte aanwijzing van de ingangscode en de ingangen te merken met tekens die betrekking hebben op deze code.
- Het verband tussen de interne waarde en de interne logische toestanden van de uitgangen wordt weergegeven door:
  - Aan elke uitgang een reeks nummers toe te kennen die overeenkomen met de interne waarden die maken dat die uitgang intern logisch "1" wordt. Zoals in figuur 6/8.1-32 te zien is, worden deze nummers door schuine strepen van elkaar gescheiden. Deze notering kan ook worden toegepast wanneer Y wordt vervangen door een letter die de soort afhankelijkheid aangeeft. Wanneer een ononderbroken reeks interne waarden maakt dat een uitgang intern logisch "1" is, wordt dat aangegeven door de begin- en eindnummers van die reeks, gescheiden door drie puntjes (4...9 = 4/5/6/7/8/9).
  - Door Y te vervangen door een geschikte aanwijzing van de uitgangscode, waarbij de uitgangen tekens krijgen die betrekking hebben op deze code (zie bijvoorbeeld figuur 6/8.1-33).

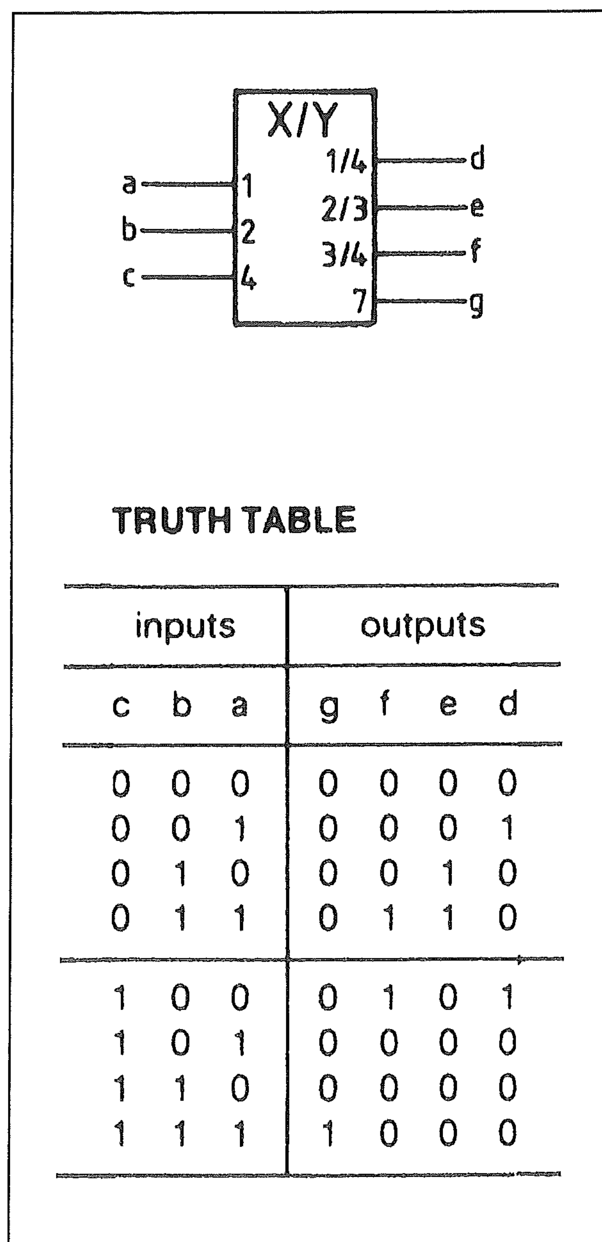
Ook kan het algemene symbool samen met een verwijzing naar een tabel worden gebruikt. De tabel bevat dan de relaties tussen de ingangen en de uitgangen. Deze methode wordt bij voorkeur gebruikt bij een geprogrammeerde ROM of PROM.

Het gebruik van een codeerschakeling voor de vervaardiging van besturende ingangen

Het komt dikwijls voor dat een stel besturende ingangen voor afhankelijkheidsnotering wordt verkregen door de signalen van bepaalde ingangen van een element te coderen. In zo'n geval kan het symbool

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

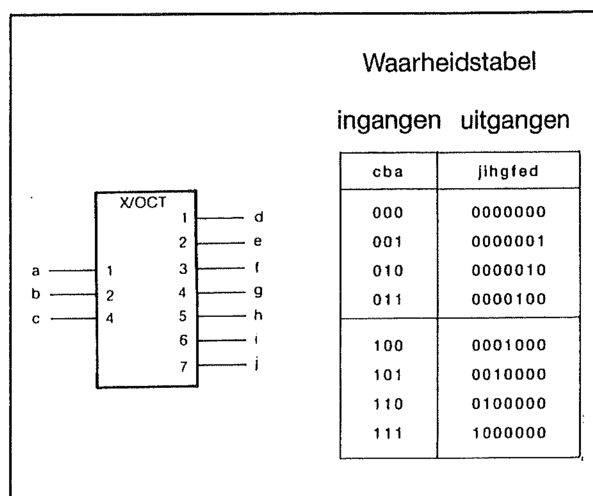
van een codeerschakeling worden gebruikt als ingebed symbool (zie figuur 6/8.1-34).



inputs			outputs			
c	b	a	g	f	e	d
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

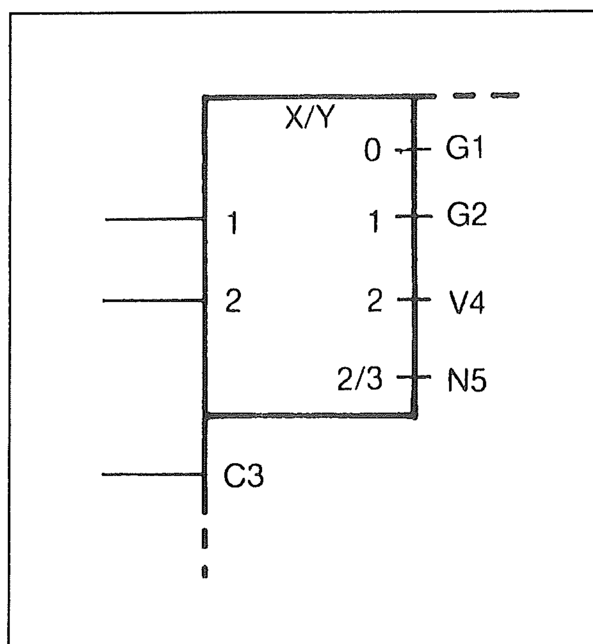
Figuur 6/8.1-32: Een voorbeeld van een X/Y code-omzetter.

Als alle besturende ingangen die door een codeerschakeling worden gevormd van hetzelfde type zijn en hun identificatienummers overeenkomen met de nummers aan de uitgangen van de codeerschakeling, kan de Y in het symbool X/Y worden vervangen door een letter die de soort afhankelijkheid beschrijft. In dat geval moeten de indicaties van de besturende ingangen worden weggelaten, zie figuur 6/8.1-35.



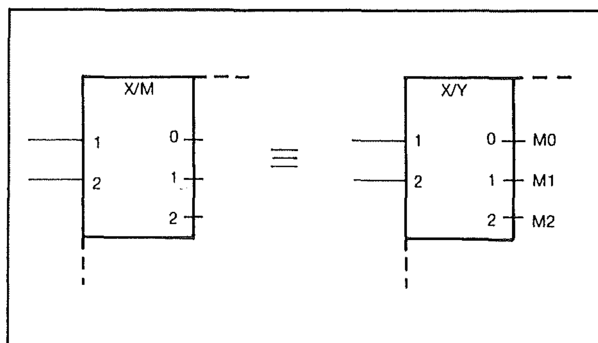
ingangen	uitgangen
cba	jihgfed
000	0000000
001	0000001
010	0000010
011	0000100
100	0001000
101	0010000
110	0100000
111	1000000

Figuur 6/8.1-33: Een voorbeeld van een X/Octaal code-omzetter.

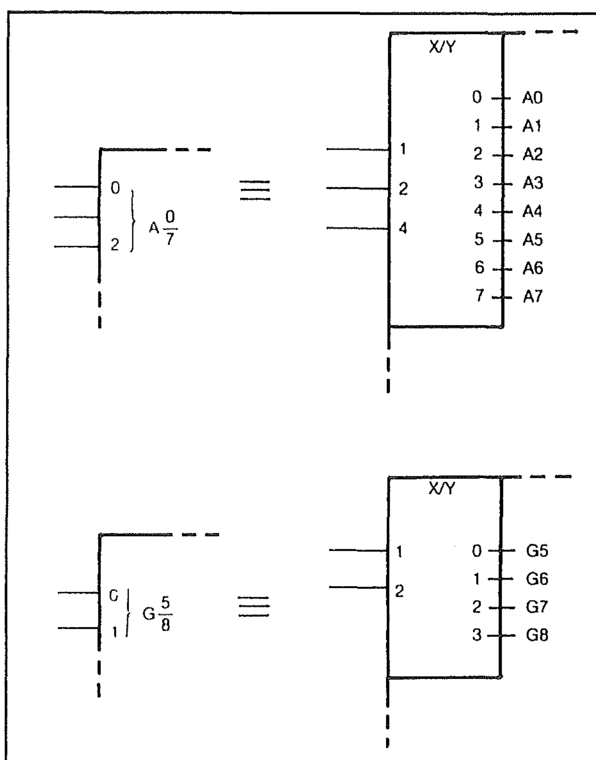


Figuur 6/8.1-34: Het opwekken van verschillende soorten afhankelijkheden.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen



Figuur 6/8.1-35: Opwekken van één bepaalde soort afhankelijkheid.



Figuur 6/8.1-36: Toepassen van het bit-groeperingssymbool.

Het gebruik van bit-groepering voor de vervaardiging van besturende ingangen

Als alle besturende ingangen die door een codeerschakeling worden gevormd van hetzelfde type zijn en zij doorlopende identificatienummers hebben (die niet behoeven overeen te komen met de nummers die aan de uitgangen van de codeerschakeling zouden verschijnen), dan kan het binaire groeperingssymbool worden toegepast. Hierbij genereren k externe lijnen 2^k interne ingangen. Na de accolade volgt de letter die het type afhankelijkheid aangeeft, gevolgd door m1/m2. Hierin wordt m1 vervangen door het kleinste identificatienummer en m2 door het grootste. Een voorbeeld van deze techniek is getekend in figuur 6/8.1-36.

Laatste opmerkingen

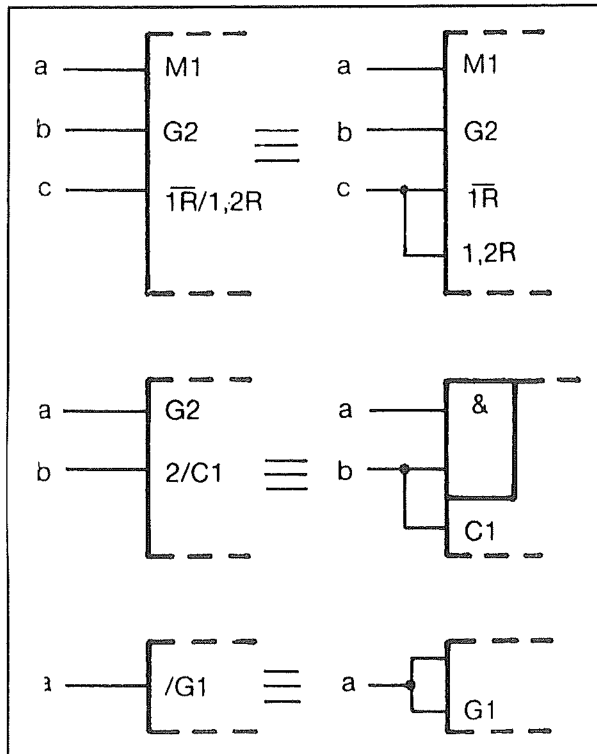
Volgorde van de ingangslabels

Wanneer een ingang die één functie heeft wordt beïnvloed door andere ingangen, wordt het kwalificatie-symbool (als er een gebruikt wordt) voor die functie voorafgegaan door de identificatie-tekens van de besturende ingangen. De volgorde van links naar rechts van deze labels is dezelfde als de volgorde waarin de effecten of modificaties moeten optreden.

De bestuurde ingang heeft geen invloed op het element als de logische toestand van één van de besturende ingangen (onafhankelijk van de toestand van welke andere besturende ingang dan ook) maakt dat de bestuurde ingang geen effect heeft.

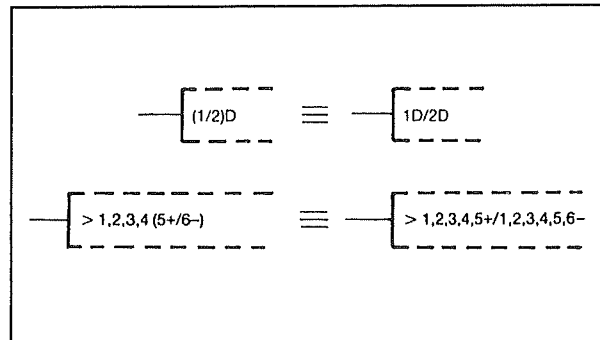
Heeft een ingang verschillende functies of wordt deze door meer dan één groep ingangen beïnvloed (afhankelijk van de modus waarin gewerkt wordt), dan mag deze ingang zo vaak als nodig is worden afgebeeld. Het kan echter voorkomen dat deze soort presentatie ongewenst is. In zo'n geval wordt de ingang slechts eenmaal afgebeeld, waarbij de verschillende groepen labels door schuine strepen van elkaar worden gescheiden zoals in figuur 6/8.1-37 te zien is.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen



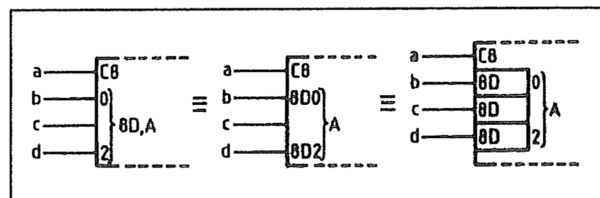
Figuur 6/8.1-37: Ingangslabels met identificatietekens.

De volgorde van de groepen labels heeft geen betekenis. Als een van de functies van een ingang er uitziet als een niet-geïdentificeerde ingang van een element, dan wordt een schuine streep voor de eerste groep labels geplaatst.
Wanneer alle ingangen van een combinerend element gesperd zijn (dus geen invloed op de functie van het element hebben) dan zijn de interne logische toestanden van de uitgangen van het element niet gespecificeerd door het symbool.
Wanneer alle ingangen van een sequentieel element gesperd zijn, dan wordt de inhoud van dit element niet veranderd en behouden de uitgangen hun bestaande logische toestanden.
Labels kunnen, zoals in figuur 6/8.1-38 te zien is, volgens algebraïsche regels worden verwerkt.



Figuur 6/8.1-38: Ingangsregels die volgens algebraïsche regels zijn bewerkt.

Wanneer bij gelatchte ingangen de algebraïsche verwerkingstechniek wordt gecombineerd met het bit-groeperingssymbool kan de identificatie “mD” achter het bit-groeperingssymbool worden geplaatst, mits alle andere labels in de juiste volgorde blijven (zie figuur 6/8.1-39). In “mD” wordt “m” gebruikt voor de identificatienummers van de besturende ingangen.

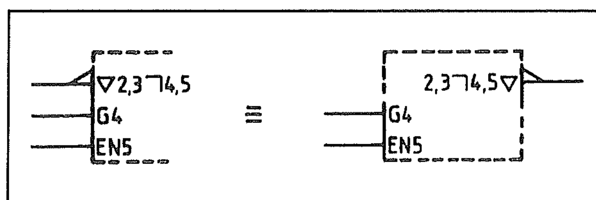


Figuur 6/8.1-39: Algebraïsche verwerkingstechniek wordt gecombineerd met het bit-groeperingssymbool bij de D-ingangen.

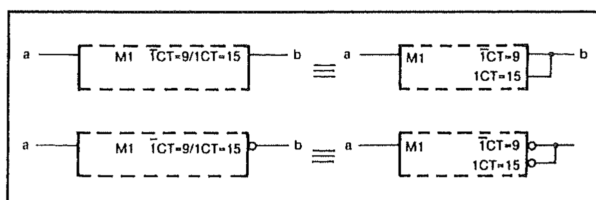
Volgorde van de uitgangslabels
Wanneer een uitgang een aantal verschillende labels heeft, worden deze, of het nu identificatienummers betreft of besturende in- of uitgangen, afgebeeld in de volgende volgorde (zie ook figuur 6/8.1-40):

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

- Wanneer er sprake is van een vertraagd uitgangssymbool dan komt dat eerst, eventueel voorafgegaan door de aanwijzingen van de ingangen waarop het betrekking heeft.
- Hierna komen de labels die veranderingen van de interne logische toestand van de uitgang aangeven. De volgorde van links naar rechts is dan de volgorde waarin hun invloeden merkbaar moeten worden.
- Tenslotte komt het label dat de invloed van de uitgang op de ingangen en andere uitgangen van het element aangeeft.

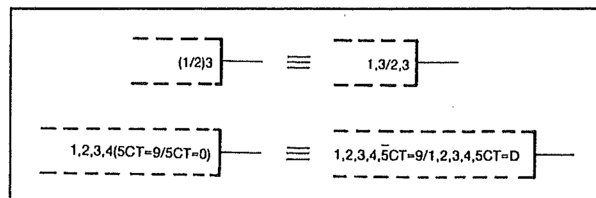


Figuur 6/8.1-40: Een voorbeeld van hoe de symbolen voor tri-state uitgangen en vertraagde uitgangen geplaatst moeten worden.



Figuur 6/8.1-41: Het toekennen van uitgangslabels.

Symbolen voor open-collector of tri-state uitgangen worden (indien daar sprake van is) net binnen de omlijning van het element naast de uitgangslijn geplaatst. Wanneer bij een uitgang meerdere groepen labels nodig zijn voor de verschillende functies (afhankelijk van de modus waarin wordt gewerkt), dan kunnen deze groepen bij verschillende, buiten de omlijning met elkaar verbonden uitgangslijnen worden vermeld.



Figuur 6/8.1-42: Het is ook mogelijk de uitgangslabels algebraïsch te verwerken.

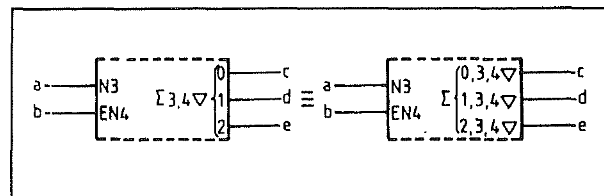
In die gevallen waarin deze voorstelling ongewenst is, wordt de uitgang slechts eenmaal getekend, met door schuine strepen van elkaar gescheiden groepen labels (figuur 6/8.1-41).
Aansluitende identificatienummers van besturende ingangen worden van elkaar gescheiden door een komma, wanneer daar al niet een niet-numeriek karakter tussen staat. Wanneer een groep labels van een uitgang (zonder schuine streep) het identificatienummer van een besturende "M"-ingang bevat die intern "0" is, heeft deze groep labels geen effect op de uitgang. Labels kunnen met algebraïsche technieken worden verwerkt (zie figuur 6/8.1-42).
Als het bit-groeperingssymbool voor uitgangen wordt toegepast en de groepen labels van alle bij elkaar behorende uitgangen hebben alleen aanwijzingen betreffende afwijkende waarden, dan mogen de groepen labels slechts eenmaal worden afgebeeld tussen het symbool dat in de plaats komt van "*" en het groeperingssymbool. Ook hierbij dient de juiste volgorde gehandhaafd te blijven (figuur 6/8.1-43). Deze groepen labels bevatten daardoor wel de symbolen voor open-

collector, 3-state, passieve op- en neertrekking, maar niet de waarde-indicaties.

Samenvatting en voorbeelden

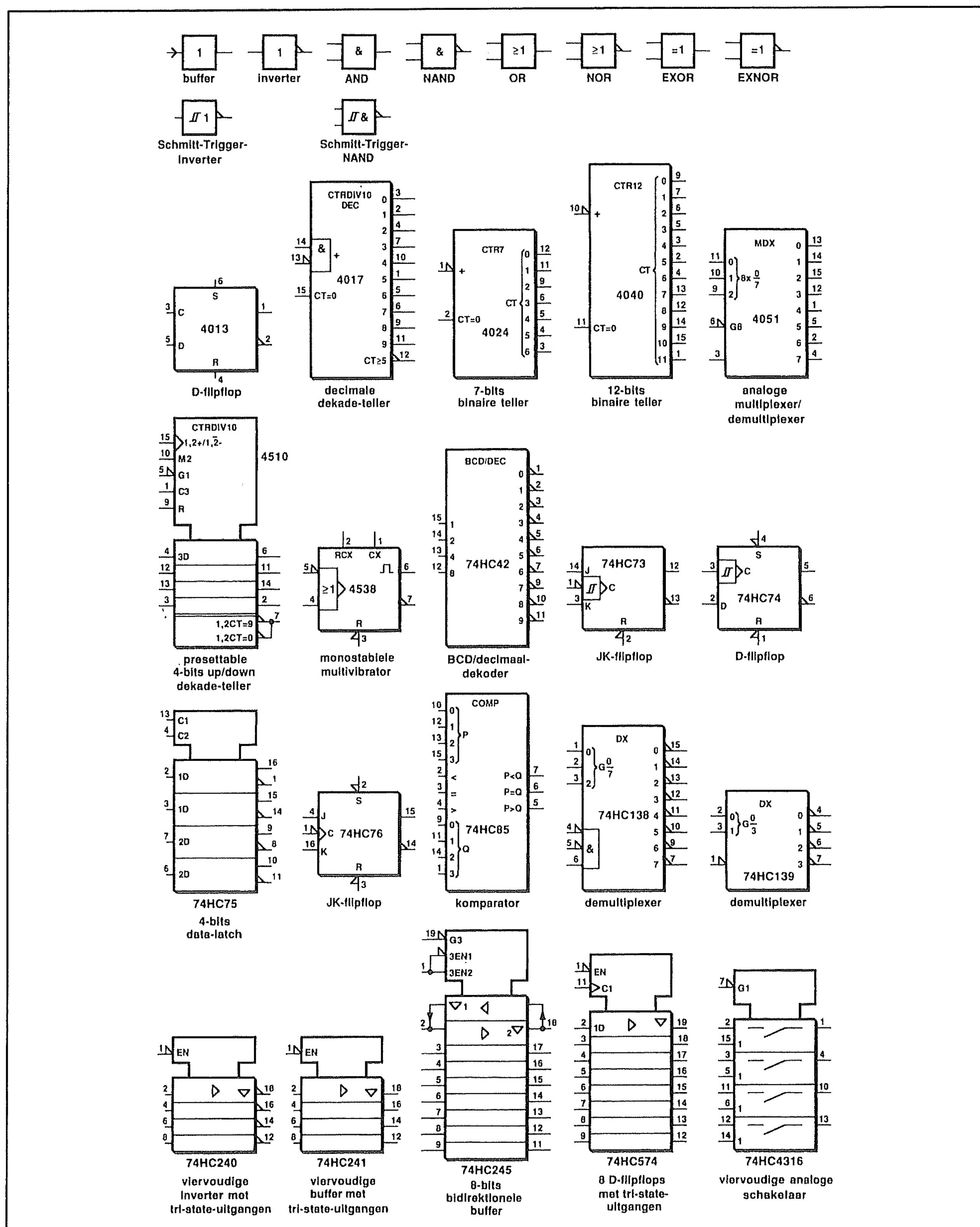
In totaal 43 illustraties om een symboliek voor het voorstellen van logische schakelingen toe te lichten! De IEC-symboliek is niet eenvoudig, dat moet worden toegegeven. In het voorgaande zijn echter werkelijk alle mogelijkheden van deze symbolische taal uitgebreid beschreven. In de dagelijkse praktijk valt het echter wel mee.

Kijk maar naar figuur 6/8.1-44, waar een dertigtal IEC-symbolen van alledaagse IC's worden voorgesteld. Voor de duidelijkheid wordt in figuur 6/8.1-45 een overzicht gegeven van de belangrijkste parameters, die men bij IEC-symbolen kan aantreffen. Succes!



Figuur 6/8.1-43: Toepassing van het bitgroeperingssymbool bij uitgangen.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen



Figuur 6/8.1-44: Een dertigtal IEC-symbolen van vaak toegepaste IC's *(bron: Elektuur)*.

8.1 IEC-symbolen voor logische schakelingen

	Algemeen logica-symbool
	Logica met gemeenschappelijk besturingsblok
	Logica met gemeenschappelijk uitgangsblok
	Polariteitsindikator aan een ingang
	Polariteitsindikator aan een ingang (bij informatie van rechts naar links)
	Polariteitsindikator aan een uitgang
	Polariteitsindikator aan een uitgang (bij informatie van rechts naar links)
	Dynamische ingang (edge-triggered)
	Dynamische ingang
	Interne verbinding
	Interne verbinding met negatie
	Interne verbinding met dynamisch karakter
	Interne verbinding met negatie en dynamisch karakter
	Interne ingang (virtuele ingang)
	Interne uitgang (virtuele uitgang)
	Uitstelsymbool, uitgang van een puls-gestuurd element (element met dubbele excitatie, bijv. master/slave-flipflop)
	Ingang met hysteresis-eigenschap (drempeldetektie)
	Open uitgang (bijv. open kollektor, open emitter, open drain, open source)
	H-type open uitgang (bijv. PNP open kollektor, NPN open emitter, P-channel open drain, N-channel open source). Hoog uitgangsnivo indien de transistor geleidt.
	L-type open uitgang (bijv. NPN open kollektor, PNP open emitter, N-channel open drain, P-channel open source). Laag uitgangsnivo indien de transistor geleidt.
	H-type uitgang met pull-down-weerstand
	L-type uitgang met pull-up-weerstand
	3-state-uitgang

	Uitgang met een groter dan gebruikelijk uitgangsvermogen (wijst in de richting van de signaalstroom)
D	Data-ingang
J	J-ingang
K	K-ingang
R	Reset-ingang
S	Set-ingang
T	Toggle-ingang; tweedeler-ingang
	Schuif-ingang voor schuiven naar rechts of naar beneden
	Schuif-ingang voor schuiven naar links of naar boven
+	Tel-ingang voor optellen
	Tel-ingang voor aftellen
?	Inventariseer-ingang van een associatief geheugen
I	Vergelijkingsingang van een associatief geheugen
0 … m	Bit-groeperingssymbool aan een ingang (m is de hoogste macht van 2)
0 … m	Bit-groeperingssymbool aan een uitgang (m is de hoogste macht van 2)
P	Operand-ingang
Q	Operand-ingang
>	GROTER DAN-ingang
<	KLEINER DAN-ingang
=	IS GELIJK-ingang
>	GROTER DAN-uitgang van een vergelijker (bijv. P>Q)
<	KLEINER DAN-uitgang van een vergelijker
=	IS GELIJK-uitgang van een vergelijker

BI	BORROW IN-ingang
BG	BORROW GENERATE-ingang
BG	BORROW GENERATE-uitgang
BO	BORROW OUT-uitgang
BP	BORROW PROPAGATE-ingang
BP	BORROW PROPAGATE-uitgang
CI	CARRY IN-ingang
CG	CARRY GENERATE-ingang
CG	CARRY GENERATE-uitgang
CO	CARRY OUT (RIPPLE CARRY)-uitgang
CP	CARRY PROPAGATE-ingang
CP	CARRY PROPAGATE-uitgang
CT=m	CONTENT-ingang (plaatst waarde m in register)
CT=m	CONTENT-uitgang (aktief als waarde m in een register staat)
	Lijn-groeperingssymbool aan een ingang
	Lijn-groeperingssymbool aan een uitgang
	Niet-logische ingang
	Niet-logische uitgang
∩	Ingang voor analoge signalen (van een digitale bouwsteen)
#	Ingang voor digitale signalen (van een analoge bouwsteen)
∩	Analoge uitgang
#	Digitale uitgang

Figuur 6/8.1-45: Overzichtelijke samenvatting van de belangrijkste parameters die bij IEC-symbolen aan de orde komen *(bron: Elektuur)*.